

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MACHINE AND INDUSTRIAL DESIGN

NÁVRH PRACOVÍŠTĚ NA VÝROBU GALVANICKÝCH BUBNŮ

DESIGN OF WORKPLACE FOR PRODUCTION GALVANIC HEXAGONAL DRUMS

DIPLOMOVÁ PRÁCE
DIPLOMA THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

PAVEL HADÁMEK

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

Ing. DAVID PALOUŠEK

BRNO 2008

ABSTRAKT

Základ této práce spočívá v konstrukčním řešení svařovacích strojů, přípravků a ve vhodném výběru technologického postupu výroby galvanických bubnů.

V práci je řešena problematika výroby plastových galvanických bubnů, jak po konstrukční tak i technologické stránce. Obsahuje přehled jednotlivých povrchových úprav. Blíže se zaměřuje na proces galvanického pokovování a na technické vybavení k tomu potřebné. Uvádí dosavadní způsoby výroby galvanických bubnů a problémy s touto technologií spojené. Podrobně popisuje metody svařování termoplastických materiálů s důrazem na metodu svařování na tupo horkým tělesem.

KLÍČOVÁ SLOVA

Galvanický buben, svařování termoplastů, svařovací pracoviště

SUMMARY

The basic of this work is the construction realization of welding machines, components and in the ideal choice of the technological action by the production of galvanic drums.

The work deals with the problem of the production of plastic galvanic drums from the construction point of view as well as the technological point of view. It contains the individual surface modifications outline. In detail is focused on the galvanic metal plating and the technical equipment needed to complete this action. Describe to the methods of thermoplastic materials precisely with focus on the method Hot Plate Welding by Heating Element.

KEYWORDS

Galvanic drum, welding thermoplastic, welding workplace

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

HADÁMEK, P. *Konstrukce pracoviště na výrobu galvanického bubnů*. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2008. 55 s. Vedoucí diplomové práce ing. David Paloušek.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Čestně prohlašuji, že jsem diplomovou práci vypracoval samostatně, za použití uvedené literatury, pod vedením ing. Davida Palouška a pana Vladimíra Šimka.

V Brně, dne 16.5. 2008

.....
Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval všem lidem, kteří mi byli při tvorbě mé diplomové práce nápomocni. Zvláště bych chtěl poděkovat vedoucím diplomové práce Ing. Davidu Palouškovi a Vladimíru Šimkovi za odborné vedení.

OBSAH

Obsah	11
Úvod	12
1 Přehled současného stavu poznání.....	13
1.1 Povrchové úpravy	13
1.1.1 Elektrochemické pokovování.....	14
1.2 Zařízení pro galvanické pokovování.....	15
1.2.1 Vany	15
1.2.2 Anody	15
1.2.3 Závěsy, katodové tyče a bubny	15
1.3 Galvanická jednotka	16
1.3.1 Galvanický buben.....	17
2 Formulace řešeného problému a jeho technická a vývojová analýza.....	19
2.1 Spojování plastů.....	19
2.2 Galvanický buben šroubovaný.....	20
2.3 Galvanický buben svařovaný.....	21
2.3.1 Svařování horkým plynem a přídavným materiálem	21
2.3.2 Svařování vytlačovací horkým plynem.....	23
3 Vymezení cílů práce	25
4 Návrh metodického přístupu k řešení	26
4.1 Softwarové řešení	26
5 Návrh variant řešení a výběr optimální varianty	27
5.1 Výběr metody výroby galvanického bubnu.....	27
5.1.1 Metoda svařování na tupo horkým tělesem.....	27
5.2 Výběr varianty pohonu pro vyvození svařovacích tlaků	29
5.3 Varianty zařízení.....	29
5.3.1 Příruba s noži poháněná šnekovou převodovkou	30
6 Konstrukční řešení	32
6.1 Svařování pláště	32
6.1.1 Technologický postup a účel zařízení	32
6.1.2 Konstrukce HPW – 1	33
6.2 Zarovnání čel pláště	41
6.2.1 Technologický postup a účel zařízení	41
6.2.2 Konstrukce HPW – 2	41
6.3 Svařování čel a zarovnaného pláště	44
6.3.1 Technologický postup a účel zařízení	44
6.3.2 Konstrukce HPW – 3	44
7 Konstrukční, technologický a ekonomický rozbor řešení	49
7.1 Konstrukční rozbor řešení.....	49
7.2 Technologický rozbor řešení	49
7.2.1 Technologie výroby galvanického bubnu	49
7.2.2 Technologie při zhotovování svařovacího pracoviště.....	49
7.3 Ekonomický rozbor řešení	49
Seznam použitých zdrojů.....	50
Seznam použitých zkratk, symbolů a veličin.....	52
Seznam obrázků a grafů	53
Seznam příloh	55

ÚVOD

Nároky kladené na strojní součásti se rok od roku zvětšují. Zejména ekonomické aspekty a nutnost konkurenceschopnosti na trhu vytváří tlak na výrobce a nutí je k hledání jednoduchých a levnějších variant výroby. Obdobně je tomu i v případě firmy J.V.Š. s.r.o., která se více jak deset let s velkým úspěchem věnuje zejména výrobě linek pro galvanické pokovování a jejich příslušenství. Galvanická linka je pracoviště, které slouží k vlastnímu hromadnému pokovování, nebo jeho předúpravě. Jedním ze stavebních prvků galvanické linky pro hromadné pokovování je galvanický buben. Ten se skládá z nosné ocelové konstrukce a plastové výbavy, která pracuje v různých chemikáliích, zvolených dle druhu povrchové úpravy. K samotné výrobě jednotlivých dílů linek se využívá specifických výrobních strojů, přípravků a jiných zařízení. Ne jinak tomu je i při zhotovování galvanického bubnu, resp. jeho plastového koše ve tvaru šestihranu.

Cílem diplomové práce je návrh pracoviště, které by umožnilo odstranit nevýhody spojené s dosavadními způsoby výroby této součásti. Ty spočívají v metodě spojování plastů, ať už se jedná o mechanický spoj či svaření jednotlivých dílců. Ze zkušeností vyplývá, že současný stav pracoviště na výrobu galvanických bubnů nemá smysl rekonstruovat či automatizovat, ale řešení lze najít v novém návrhu specifického pracoviště. Základní podmínkou nového způsobu výroby bylo zachování variability rozměrů. Způsob svařování na tupo horkým tělesem byl zvolen jako základní kámen pro výrobu bubnů. Celá konstrukce pracoviště je mu podřízena.

Ve spolupráci s firmou J.V.Š. s.r.o. vznikal tedy nový způsob výroby galvanických bubnů.

1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

1

V této kapitole jsou popsány způsoby povrchových úprav se zaměřením na hromadné galvanické pokovování. Další část je věnována zařízením, které galvanický proces umožňují.

1.1 Povrchové úpravy

1.1

Úpravy povrchu strojních součástí jsou stále žádanějším odvětvím strojího průmyslu. Jejich uplatnění se nachází především tam, kde je potřeba zabránit znehodnocování materiálu výrobku vlivem prostředí. Nejčastějším druhem znehodnocování kovových materiálů je koroze, degradace a stárnutí. Ke zvýšení odolnosti proti nežádoucím vlivům prostředí se přistupuje ke třem základním principům. Tyto principy jsou [1]:

- změna materiálu,
- vhodnější konstrukční návrh,
- povrchová úprava materiálu.

První dvě varianty jsou ve většině případů z ekonomického hlediska ve velkosériové výrobě náročné. Proto se nejčastěji ke zlepšení vlastností materiálu využívá povrchových úprav.

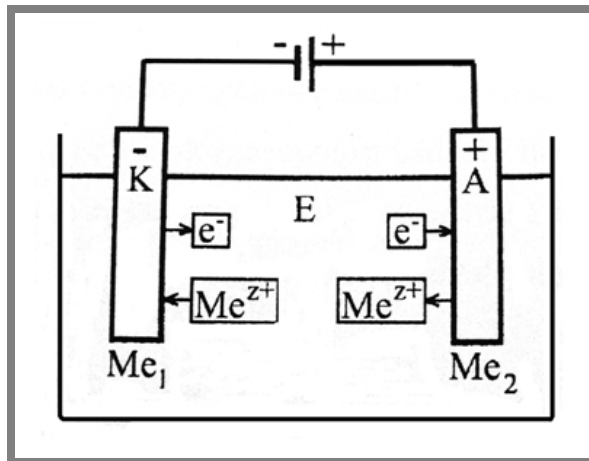
Tab. 1-1 Přehled technologií povrchových úprav [2]

Metoda	Způsob	Materiál
PVD	Napařování	Kovy a slitiny
	Naprašování	Sloučeniny
	Iontové plátování	Sloučeniny
CVD	Různý zdroj přípravy par	Sloučeniny
Elektrolytické vylučování	Katodické	Kovy a slitiny
	Anodické	Kovy a slitiny
	Oxidace	Al, Ta
Chemické vylučování	Bezprudové	Kovy a slitiny
	Precipitační	Cu, Ni, Cr
	Chromátování	Oceli
	Fosfátování	Oceli
Nastříkávání	Plamenem	Zn, Al a slitiny
	Obloukem	Kovy a slitiny
	Plasmou	Sloučeniny
	Výbuchem	Cermety
Navařování	Plamenem	Oceli a slitiny z kovů
	Obloukem	
	Pod struskou	
	Plasmou	
Plátování	Laserem	Oceli a slitiny z kovů
	Naléváním	
	Válcováním	
	Výbuchem	
Nanášení z tavenin	Ponořením	Kovy a slitiny s nižším bodem tání
	Nastříkáváním	

Přehled hlavních technologií pro zhotovování kovových a keramických povlaků uvádí Sedláček v [2], odkud byla převzata tab. 1-1.

1.1.1 Elektrochemické pokovování

Elektrochemické neboli galvanické pokovování povrchů je jednou z nejpoužívanějších a nejrozšířenějších metod pro modifikaci povrchu. Její podstatu částečně popisuje schéma elektrolyzéry na obr. 1-1 [1].



Obr. 1-1 Schéma elektrolyzéry [1]

Anoda je elektroda z kovu, kterým se pokovuje. Na katodě se vylučuje kovový povlak, jde tedy o vodivý předmět, který má být pokoven. Pomocí katody přivádíme do elektrolytu, roztoku kovových solí, proud. Při průchodu proudem elektrolytem dochází k usměrněnému pohybu iontů. Kationty s nedostatkem elektronů jsou přitahovány k záporně nabitě elektrodě a naopak anionty se pohybují směrem k anodě. Samotnému galvanickému pokovování součástí musí předcházet předúprava materiálu. Ta slouží k dosažení správného účinku nejen ve fázi zhotovení úpravy povrchu, např. celistvosti vrstvy a přilnavosti k povrchu, ale i následně v její kvalitě. Těchto cílů se v praxi dosahuje třemi základními technologiemi [1]:

- mechanickými úpravami (např. otryskávání, broušení, kartáčování, leštění, omílání),
- chemickými a elektrochemickými úpravami (např. alkalické odmašťování, odmašťování organickými rozpouštědly, elektrochemické odmašťování, moření, elektrochemické moření, chemické leštění, elektrochemické leštění) a
- kombinací mechanických a chemických, resp. elektrochemických úprav.

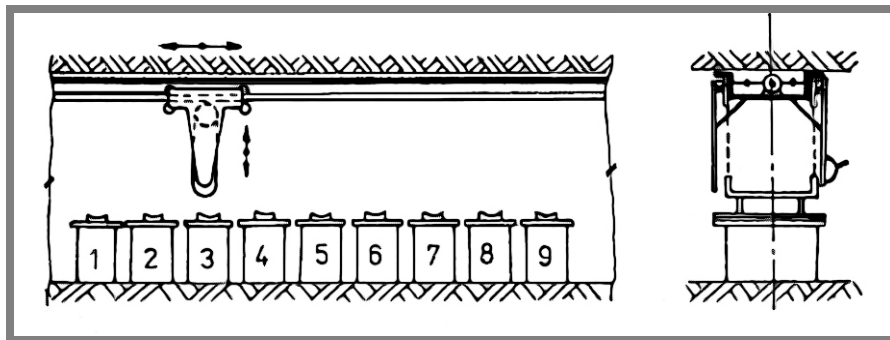
Jejich výběr a následné použití závisí na způsobu vytvoření povrchové vrstvy. Pro přiblížení je uvedena předúprava materiálu galvanické úpravy povrchu [3]. V prvním kroku této technologické procedury se součásti odmašťují od hrubých nečistot. Následuje elektrolytické čištění, moření a poslední operací je samotné pokovování. V mezikrocích, tzn. po každé lázni, kterou součást podstoupí, se provádí teplé nebo studené oplachování. Nepodstatnou, avšak někdy zákazníkem žádanou operací může být ještě dodatečné sušení. Pro tuto operaci se využívá např. odstředivých nebo vanových sušících zařízení [4].

Jednotlivým krokům hromadného galvanického pokovování náleží příslušné zařízení. Tyto zařízení společně s pomocným příslušenstvím vytváří technologické celky, které se označují jako galvanické linky [3].

1.2 Zařízení pro galvanické pokovování

1.2

Galvanickou linku tvoří mnoho dalších prvků např. filtrační zařízení a elektrická výzbroj, do níž patří především usměrňovače. A v neposlední řadě také velmi důležitá vzduchotechnika skládající se z větrání pracovního prostoru a místního odsávání van, viz níže [3].



Obr. 1-2 Galvanická linka [3]

1.2.1 Vany

1.2.1

Mezi základní prvky galvanické linky na obr. 1-2 patří vany. Ty slouží jako zásobníky na odmašťovací, mořící a oplachové chemikálie a samozřejmě na samotné pokovovací lázně. O konstrukci a materiálech van rozhoduje výše zmíněné použití. Vany jsou konstrukčně řešeny jako čtyřhranné nebo kruhové, s rovným nebo šikmým dnem a zapuštěnou výpustí. Plášť a dno mohou být vyztuženy ocelovými podstavci, resp. rámy [3]. Jejich počet a velikost závisí na rozměrech pokovovaných součástí a na způsobu pokovování. Z materiálového hlediska se v praxi přistupuje ke dvěma variantám, a to vany vyráběné z ocele, nebo v častějším případě z plastu dle použité chemikálie.

1.2.2 Anody

1.2.2

Slouží k vedení anodového proudu. Tvar odpovídá složitosti pokovovaných součástí, ovšem nejčastěji se přistupuje k jednoduchým deskám, které jsou zavěšeny na tyčích. Ty jsou zavěšeny do lůžka na okraji vany. U velmi komplikovaných tvarů se používají ponorné anody pro zlepšení rovnoměrnosti vylučování nebo je profil anody vyroben jako protikus katody [3].

1.2.3 Závěsy, katodové tyče a bubny

1.2.3

Pohyb výrobků se mezi jednotlivými vanami realizuje pomocí dopravníku řízeného programem nebo ruční obsluhou. Pro uložení pokovovaného materiálu a zároveň pro vedení katodického proudu slouží závěsy, katodové tyče nebo bubny. Závěsy nachází své využití v pokovování objemných součástí. U této metody dochází k pohybu lázně pomocí čerpadel. Opačným způsobem je pohyb katodové tyče, na které spočívají pokovované předměty. Poslední metoda náleží hromadnému galvanickému pokovování, zde využíváme bubny a zvonů [3].

1.3 Galvanická jednotka

Galvanickým bubnem se rozumí plastový rotující koš ve tvaru šestihranu. Od tohoto terminologického názvu bylo pojmenováno i celé zařízení. Pro rozlišení těchto pojmů se bude v této práci celé zařízení nazývat galvanická jednotka, viz obr. 1-3.



Obr. 1-3 Galvanická jednotka [5]

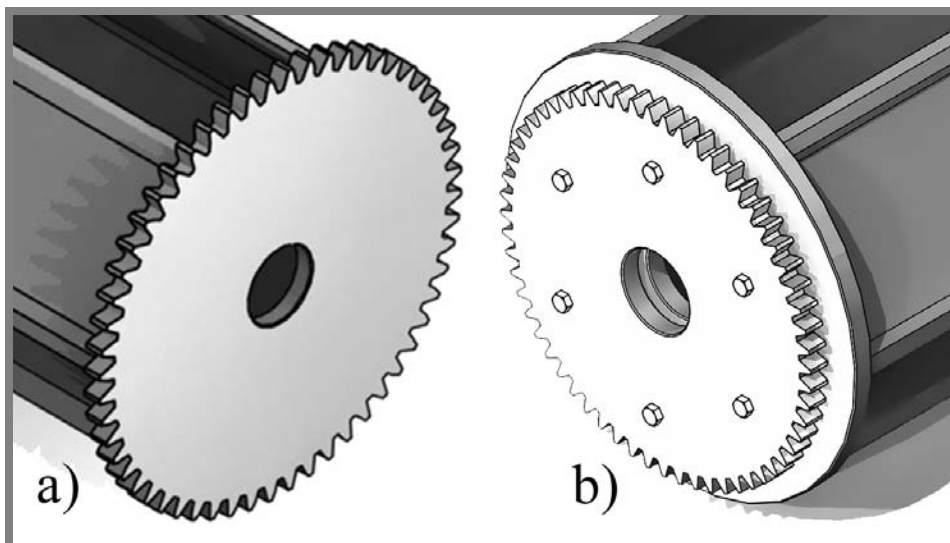
Princip práce galvanické jednotky při hromadném elektrochemickém pokovování je následující. Galvanická jednotka se nejprve pomocí dopravníku vloží do vany s lázní. Pro přivedení proudu mezi pokovované předměty slouží pružné katody, které prochází ložiskem galvanického bubnu. Při dotyku pružných katod s lůžkem umístěným na vaně začne lázní procházet proud. Zároveň je do chodu zařazena šneková převodovka s motorem, která roztočí galvanický buben s pokovovanými předměty. Pomocí rotace galvanického bubnu se dosáhne snazšího přivedení proudu mezi všechny pokovované součásti a následně rovnoměrnému rozložení nanášené vrstvy. Po dokončení jednotlivých kroků pokovování je galvanická jednotka zvednuta nad vanu a lázeň tak odkapává zpět.

Galvanická jednotka se skládá z nosné ocelové konstrukce a plastové výbavy. Na nosné části je uložen pohon. Ten tvoří motor se šnekovou převodovkou a pomocí frekvenčního měniče jsou regulovány otáčky. Ocelový rám i pohonná jednotka musí být chráněny před výpary a ostříkem z lázně. K tomuto se nejčastěji používá plastových nebo pryžových krytů [3].

1.3.1 Galvanický buben

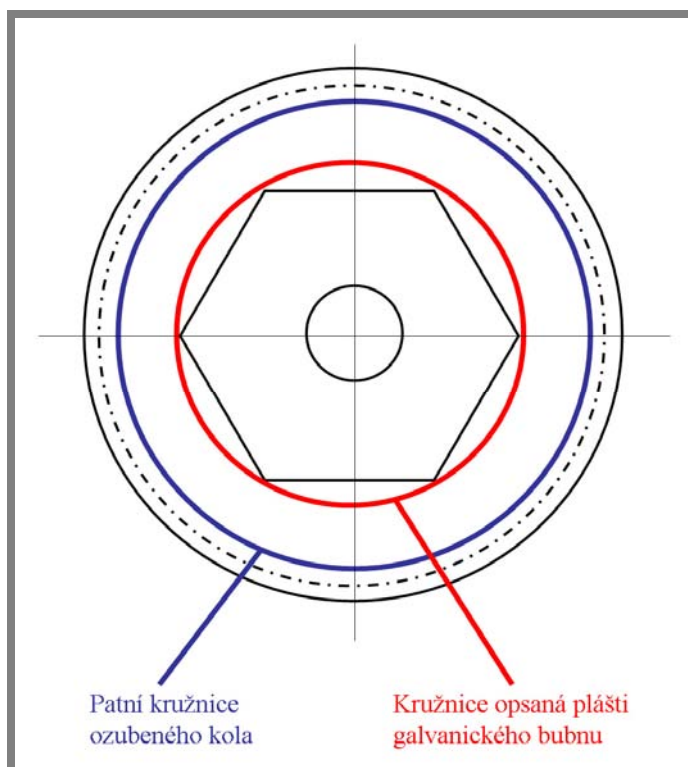
1.3.1

Ozubená kola mohou být použita přímo jako čela pláště bubnu, nebo jsou přišroubovány k přírubě pláště, viz obr. 1-4.



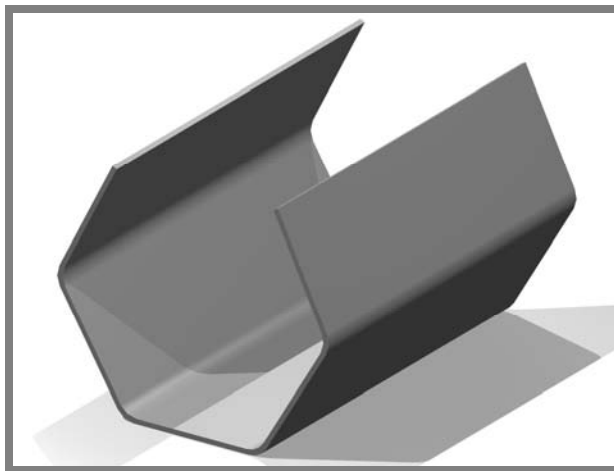
Obr. 1-4 Čelo pláště - a) ozubené kolo, b) příruba

Pro výběr varianty čela je rozhodující velikost ozubeného kola. Ta je závislá na převodovém poměru mezi otáčkami vystupujícími z pohonné jednotky a požadovanými otáčkami samotného galvanického bubnu. K možnosti použití ozubeného kola jako čela pláště bubnu lze přistoupit pouze v případě, že patní průměr ozubeného kola je větší než průměr kružnice opsané šestihrannému plášti bubnu viz obr. 1-5.



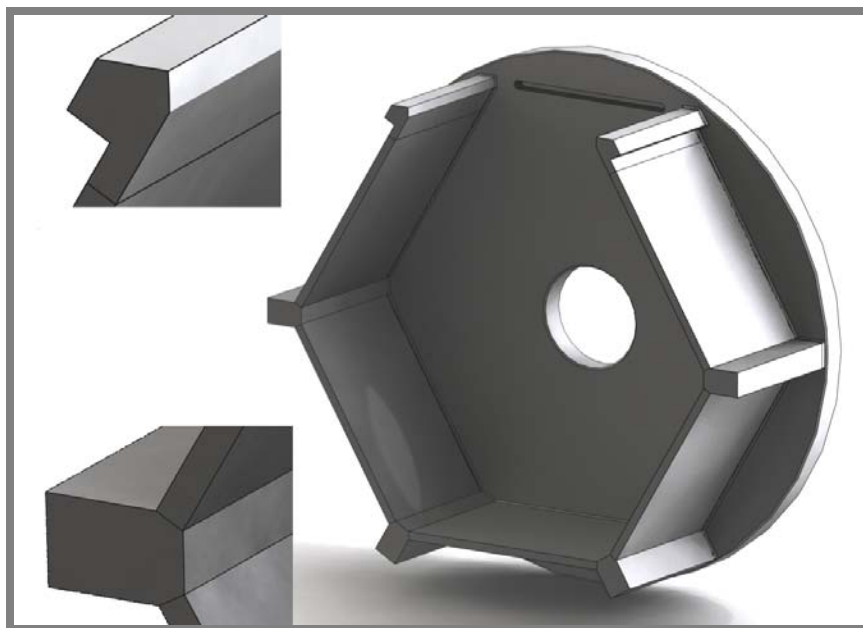
Obr. 1-5 Volba čela pláště

Plášť bubnu se vyrábí ve dvou variantách. První z nich je plášť vyrobený z jednoho kusu ohýbáním, viz obr. 1-6. Jeho velkou výhodou je snadná výroba.



Obr. 1-6 Ohýbaný plášť

V praxi je zákazníkem mnohem častěji vyhledávána druhá varianta, která svou vyšší tuhostí umožňuje pokovování více předmětů. Konstrukce takto vyráběného bubnu se skládá z perforované desky s výztuhami ve vrcholech šestiúhelníku, viz obr. 1-7. Plášť je poté uzavřen přírubou nebo ozubeným kolem, viz výše.



Obr. 1-7 Galvanický buben s výztuhami

Ohýbaný plášť i plášť s výztuhami má v sobě drážky neboli perforaci, viz příloha 1.

Velikost galvanického bubnu, materiál ze kterého je vyroben, otáčky a s tím spojený převodový poměr, tedy i rozměry ozubených kol se odvíjí od druhu galvanického pokovování.

2 FORMULACE ŘEŠENÉHO PROBLÉMU A JEHO 2 TECHNICKÁ A VÝVOJOVÁ ANALÝZA

Po dokončení jednotlivých kroků povrchové úpravy se vždy galvanický buben zvedne pomocí dopravníku nad vanu. Zbytky chemikálií tak mohou odkapávat zpět do lázně. Chemikálie, které se do lázně nevrátí, jsou příčinou ztrát. Ty jsou v odborné terminologii nazývány **výnosy**. Jde o zbytky kapaliny usazené v mezerách, které vznikly nedokonalou technologií výroby galvanického bubnu. Proto je nutné lázně doplňovat.

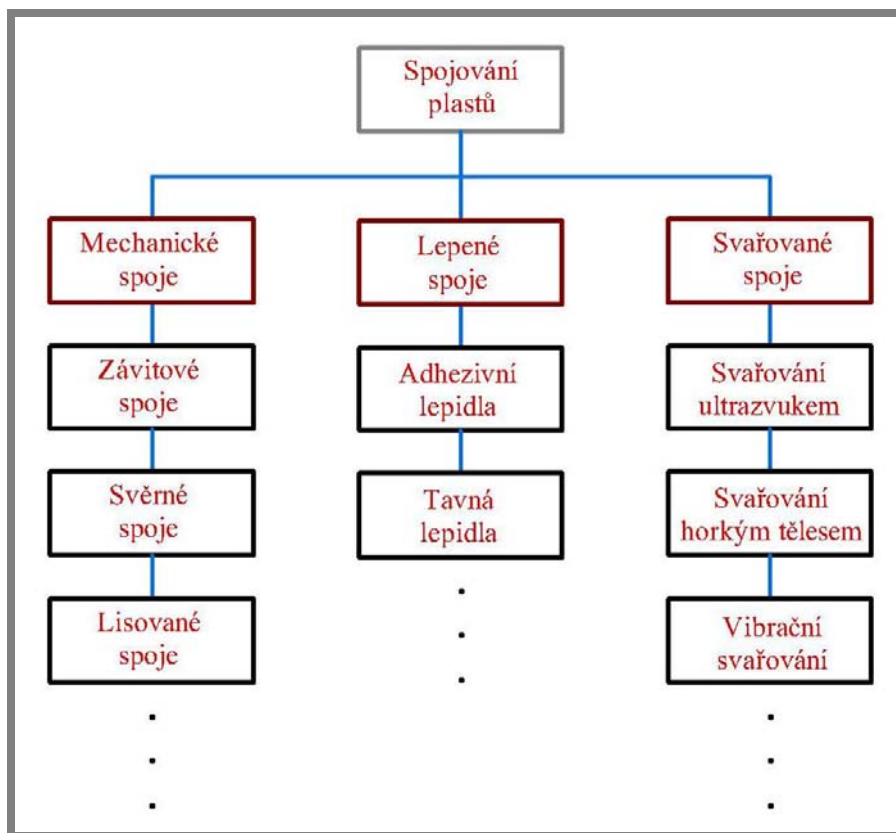
Opačným případem jsou **vnosy**. Chemikálie, které jsou příčinou ztrát, se následně vnášejí do jiné lázně. Tímto způsobem se lázeň znehodnocuje [6]. Z hlediska ekonomického provozu galvanické linky je nutné, aby se do lázně vrátilo, co největší množství chemikálie.

Řešený problém tedy spočívá ve špatně utěsněných spojkách jednotlivých dílů galvanického bubnu vlivem jeho dosavadního způsobu výroby. V jejím současném stavu totiž dochází k neúplnému zaplnění svařované zóny, tím vznikají neutěsněná místa, kde ulpívají chemikálie a dochází tak ke ztrátám, viz níže.

2.1 Spojování plastů

2.1

Způsoby výroby galvanického bubnu vyplývají ze samotné podstaty spojování plastů, ukázané na obr. 2-1.

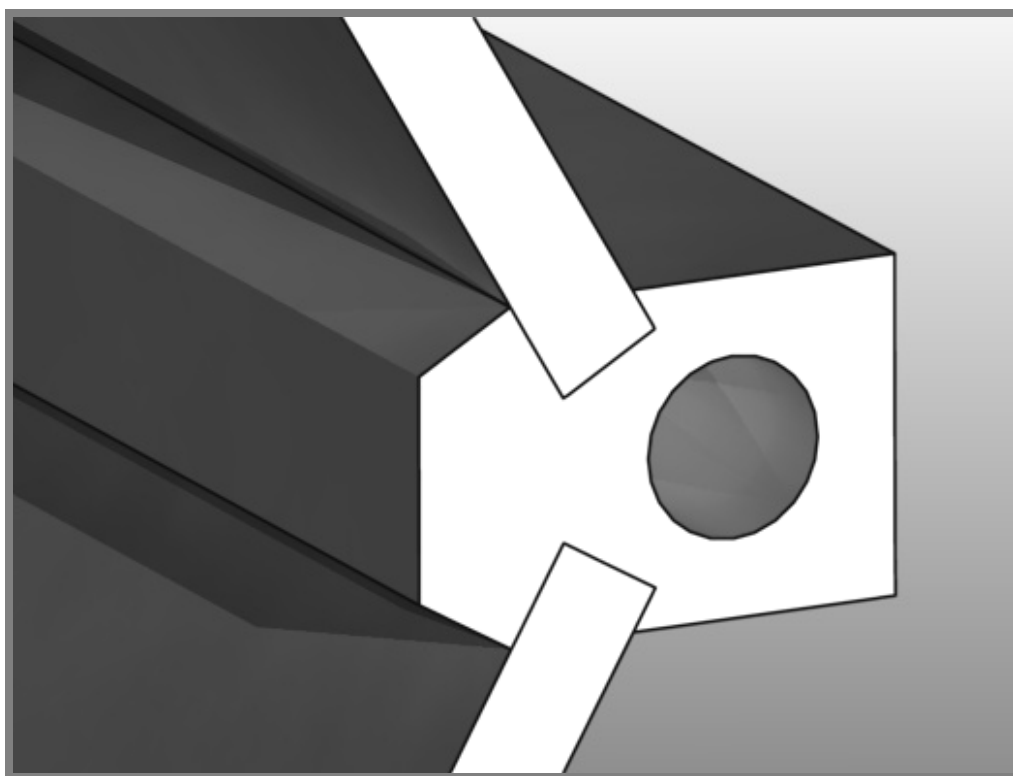


Obr. 2-1 Spojování plastů [7]

Spojování plastů je rozděleno na tři základní metody. Ve výrobě galvanických bubnů se nachází pouze dvě varianty. Těmi jsou mechanické a svařované spoje. Nevhodnost lepených spojů je dána v nevyhovující tuhostí spoje. Další nevýhodou je nedostatečná odolnost lepidel vůči pracovnímu prostředí, ve kterém galvanické bubny pracují.

2.2 Galvanický buben šroubovaný

Jedná se o jediný případ využití mechanického spojení plastů pro výrobu galvanického bubnu. Princip tohoto způsobu výroby spočívá ve dvou základních prvcích strojírenství. Pero a drážka spolu vytváří zámek, kterým se docílí snazšího sestavení, a zároveň vyšší tuhosti bubnu, viz obr. 2-2.



Obr. 2-2 Spojení pero - drážka

Tyto prvky slouží pouze pro spojení rohových výztuh a perforovaných desek. Pro uzavření pláště pomocí přírub se využívá šroubů, které prochází přírubou. V čelech rohových výztuh je vytvořena závitová díra. Mezi těmito součástmi tedy vzniká závitový spoj.

Velká výhoda u takto zhotoveného bubnu se nachází v dosažitelnosti potřebných zařízení k jeho výrobě. V podstatě postačí jen obráběcí stroje potřebné k výrobě závitů a k technologickým úpravám spojovaných dílů.

Mechanický způsob spojování plastů je z hlediska výnosů a vnosů nevhodný. Při této metodě výroby nelze utěsnit prostory mezi spojovanými součástmi a dochází tak k ulpívání lázně. Šroubovaný galvanický buben se nedoporučuje používat v odstředivých sušákách. Při odstředivém sušení by mohlo dojít k uvolnění závitového spoje. Další nevýhodou je pracnost při úpravě všech lišt a čel, na kterých se frézují drážky. Přesto je tento buben velice žádaný pro jeho nízkou cenu [8].

2.3 Galvanický buben svařovaný

2.3

Postupy při svařování bubnů vyplývají ze samotné podstaty svařování termoplastů. Ty se působením tepla přivedou do plastického stavu a přitlačením zahřátých ploch proti sobě dochází k promísení makromolekul obou spojovaných částí. Při správném pozvolném ochlazení vzniká pevný nerozebíratelný spoj [9].

2.3.1 Svařování horkým plynem a přídavným materiálem

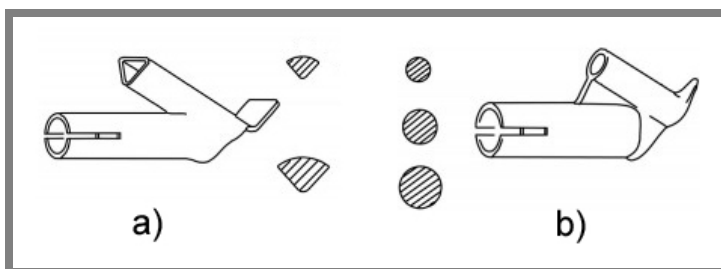
2.3.1

U tohoto způsobu svařování je plastického stavu materiálů spojované plochy (a v našem případě přídavného drátu) dosaženo pomocí horkého vzduchu. Následně se pod tlakem vyvozeným svářečem vzájemně spojí. Jako svařovací aparát se používá ruční přístroj se zabudovaným dmýchadlem vzduchu na obr. 2-3 [9].



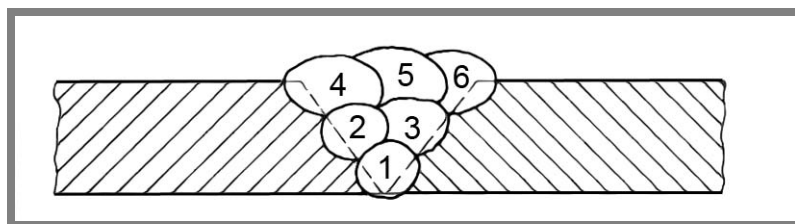
Obr. 2-3 Horkovzdušná pistole [10]

Jeho základním vybavením jsou rychlotrisky přizpůsobené profilu přídavného drátu. Ten se vede v předkomůrce, abychom zajistili správné předeheřtí. Síla působí přes kluznou patku [9]. Ta se nachází na špičce rychlotrisky, viz obr. 2-4.



Obr. 2-4 Rychlotriska – a) trojúhelníkový drát b) kulatý drát [11]

Nevýhody spočívají ve vlastním způsobu tvoření stavby svaru a úpravy svařovaných ploch. Tvary svaru, viz obr. 2-5, jsou určeny tloušťkou spojovaných součástí a druhem svaru [9].



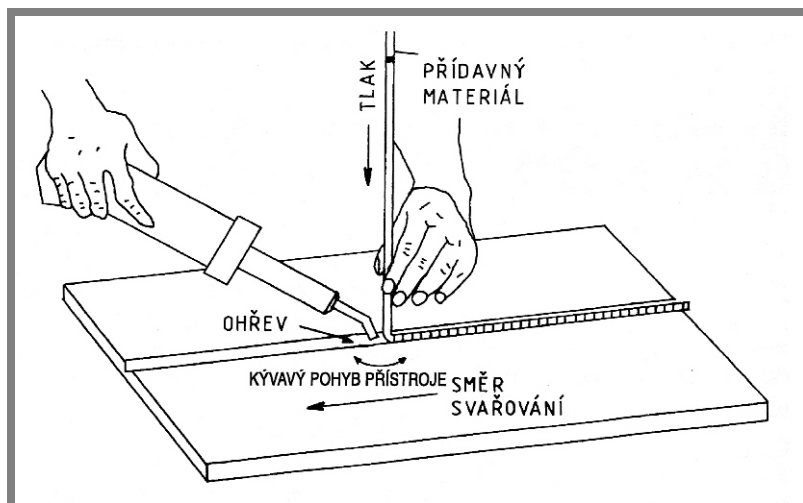
Obr. 2-5 Stavba V – svaru [9]

Při stavbě svaru se tedy musí volit správný počet housenek např. u V – svaru, viz tab. 2-1.

Tab. 2-1 Stavba V –svaru [9]

Druh svaru	Tloušťka materiálu [mm]	Počet housenek X průměr drátu
V - svar	2	1 X 4
V - svar	3	3 X 3
V - svar	4	1 X 3 + 2 X 4
V - svar	5	6 X 3
Oboustranný V - svar	4	1 X 4 na každé straně
Oboustranný V - svar	5	3 X 3 na každé straně
Oboustranný V - svar	6	3 X 3 na každé straně
Oboustranný V - svar	8	1 X 3 + 2 X 4 na každé straně
Oboustranný V - svar	10	6 X 3 na každé straně

Při uvážení velikosti bubnu se tato metoda stává velice pracnou a časově náročnou. Další nevýhoda se nachází v přesném způsobu uchycení svařovacího aparátu. Na obr. 2-6 lze vidět, že přídavný materiál je vhodné tlačít kolmo ke svařovaným plochám, jinak by docházelo k přechování, resp. protahování. S uvážením vnitřního stísněného prostoru galvanického bubnu, je dodržení této zásady obtížné a vytvořený svar není dokonalý. Vznikají spáry, ve kterých se usazují chemikálie a dochází k nežádoucím výnosům a vnosům.



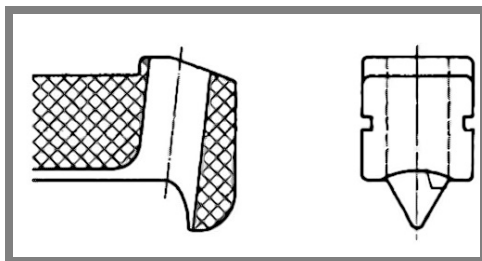
Obr. 2-6 Způsob svařování horkým plynem [9]

Hospodárnost galvanického procesu se použitím tohoto způsobu výroby oproti šroubovanému bubnu zlepšila, avšak stále je možné dosáhnout dalšího snížení výnosů a vnosů.

2.3.2 Svařování vytlačovací horkým plynem

2.3.2

Tato metoda se zakládá na ohřevu svařovaných ploch pomocí horkého plynu a vytlačování plastifikovaného přídatného materiálu do oblasti svařování. K správnému rozložení přitlačné síly se používá svařovací botička, viz obr. 2-7. Ta se vyrábí z teplovzdorného materiálu s nízkou tepelnou vodivostí [9].



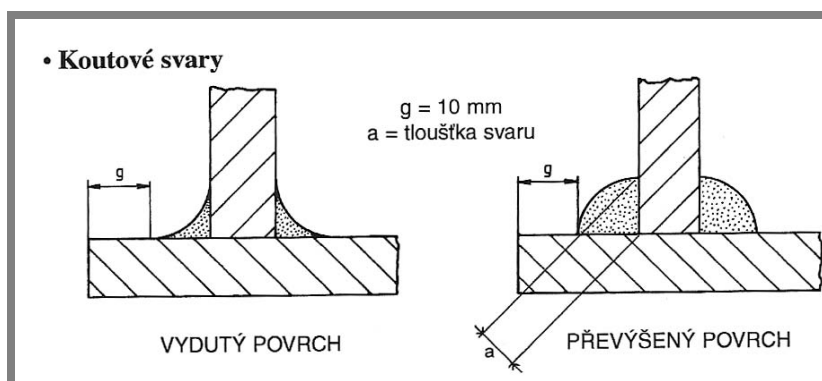
Obr. 2-7 Svařovací botička [7]

Přídavným materiálem může být drát shodný s předešlým způsobem svařování. Další variantou je granulát, který se ovšem pro svařování galvanického bubnu nepoužívá. Změna fáze materiálu v taveninu se provádí v plastifikační jednotce neboli v extrudéru, který je ukázán na obr. 2-8 [9].



Obr. 2-8 Extrudér [10]

V porovnání se svařováním horkým plynem a přídavným materiálem jsou u této metody svary plnější, viz obr. 2-9. Z tohoto důvodu se zmenšili škodlivé výnosy i vnosy. Přesto nebyly odstraněny úplně.



Obr. 2-9 Stavba koutového svaru [9]

Použitím svařovací botičky je totiž velice obtížné vytvořit koutový svár. Další nevýhodu lze nalézt ve velikosti zařízení pro tento způsob svařování.

U rozměrově menších galvanických bubnů je pro obsluhu zařízení velice složitá manipulace ve stísněných prostorech bubnu. Pořizovací cena tohoto zařízení se pohybuje v rozmezí desítek až stovek tisíc korun. Výkonnější zařízení potřebují pro svůj provoz pomocné dmychadlo.

3 VYMEZENÍ CÍLŮ PRÁCE

3

V kap. 2 bylo poukázáno na problémy spojené s dosavadním způsobem výroby galvanických bubnů. Současný stav výroby má za následek vznik ztrát při použití galvanického bubnu v pokovovacích lázních.

Výrazného zlepšení hospodárnosti elektrochemického pokovování lze dosáhnout minimalizací ztrát způsobených vnosi a výnosy z jednotlivých lázní.

Primárním cílem této diplomové práce je nalezení vhodného způsobu výroby galvanického bubnu, který bude mít minimální ztrátovost chemikálií. Navazující návrh pracoviště by měl umožnit automatizaci výroby a celkové snížení výrobních nákladů. Automatizací by mělo být dosaženo jednodušší a levnější varianty výroby.

Vstupními parametry pro výběr nového způsobu výroby jsou rozměry a materiály, ze kterých se galvanický buben vyrábí. Těmi jsou nejčastěji polypropylen a polyethylen s označením PP, PE 500 a PE 1000. Rozměrové parametry uvádí katalog firmy J.V.Š. s.r.o. Průměr galvanického bubnu má hodnoty v rozmezí od 300 do 600 mm a délku 600 až 1300 mm. Z tohoto rozmezí hodnot vyplývá důležitá podmínka pro návrh pracoviště. Je jí variabilita rozměrů při výrobě galvanického bubnu. Pracoviště musí být schopno pokrýt celou škálu požadovaných rozměrů.

Dané parametry jsou závislé na variantě hromadného elektrochemického pokovování dle požadavků zákazníka.

4 NÁVRH METODICKÉHO PŘÍSTUPU K ŘEŠENÍ

K návrhu řešení bylo přistupováno ve čtyřech etapách:

- **1. etapa:** Byl vypracován přehled současných způsobů výroby s jejich výhodami a nevýhodami. Následovaly úvahy o přístupech, které by vedly ke zlepšení hospodárnosti při hromadném elektrochemickém pokovování. Z těchto podkladů se nepodařilo najít vhodné řešení. Proto bylo nutné zavést novou metodu výroby galvanických bubnů.
- **2. etapa:** Spočívá ve výběru vhodné varianty zhotovení galvanického bubnu, která by odstranila nevýhody spojené s dosavadními způsoby výroby. Dalším krokem v této etapě bylo obstarání všech materiálů týkajících se vstupních parametrů.
- **3. etapa:** Návrh pracoviště, které by umožnilo automatizovat vybranou metodu výroby galvanického bubnu. Důležitou podmínkou pro návrh pracoviště je dosažení variability rozměrů vyráběného galvanického bubnu. Tuto etapu lze rozdělit na dvě další fáze:
 - hrubý návrh dle prováděné technologie,
 - návrh jednotlivých prvků zařízení dle požadovaného účelu.
- **4. etapa:** Byla časově nejnáročnější. V jejím průběhu se zpracovávala výkresová dokumentace a byli hledáni dodavatelé pro nakupované díly. Současně byl zaměstnanci firmy konstruován i fyzický prototyp. Při jeho samotné výrobě se provedlo ještě několik drobných úprav pro zjednodušení. Vybrané prvky ani jejich účel již nedoznaly žádných změn.

V průběhu zpracování jednotlivých fází vždy následovala rozprava s majitelem i zaměstnanci firmy o možných úpravách či variantách. Tímto způsobem vznikal hrubý návrh jednotlivých prvků zařízení a následně celého pracoviště. Výhodou byl také přehled účastníků diskuze o dostupných skladových zásobách firmy, což přispělo k vytvoření kvalitního a přesto jednoduchého a cenově nenáročného řešení.

4.1 Softwarové řešení

Jako parametrický 3D modelář pro vytvoření modelů a výkresové dokumentace byl zvolen SolidWorks, který využívá firma J.V.Š. s.r.o. Pro pevnostní analýzu bylo použito MKP produktu od firmy ANSYS a jeho rozšiřující modul.

Pro ulehčení vykreslování některých nakupovaných prvků bylo využito serverů, na kterých lze volně stahovat jejich 3D CAD data.

5 NÁVRH VARIANT ŘEŠENÍ A VÝBĚR OPTIMÁLNÍ VARIANTY 5

5.1 Výběr metody výroby galvanického bubnu

5.1

Při výběru vhodné metody výroby galvanického bubnu bylo bráno v potaz několik variant:

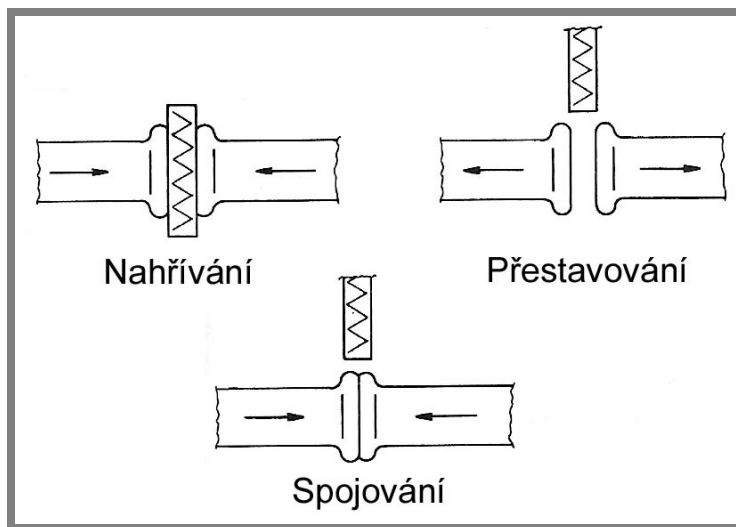
- První varianta spočívala v úpravě a následně v automatizaci stávajícího pracoviště. Po zvážení se od této varianty upustilo z důvodu nepřesvědčení o odstranění ztrátovosti a zkrácení času potřebného na výrobu bubnu.
- Druhou variantou byl zcela nový přístup ke svaření jednotlivých dílů galvanického bubnu. V úvahu přicházelo např. svařování ultrazvukem a laserem. Tento způsob však nebyl vybrán pro jeho nevhodnost realizace na naší aplikaci.
- Pro výběr nové metody výroby byla inspirací výroba galvanických van. Technologie jejich výroby je **svařování na tupo horkým tělesem**. Vzhledem k nutnosti utěsnění celé vany je touto metodou svařován celý jejich plášť. Návrh našeho pracoviště bude vycházet z tohoto způsobu, ale musí se upravit, aby bylo možno svařovat tvar galvanického bubnu, což je uvedeno v kapitole 1.3.1.

Velmi důležitou částí této fáze bylo obstarání všech materiálů týkajících se vstupních parametrů. Jako nejvhodnější prostředek k tomuto účelu bylo zvoleno **zakoupení Směrnic a návodů Německého svazu pro svařování**, které obsahují svařovací tlaky, teploty a časy. Druhým krokem byla aplikace tohoto způsobu svařování na námi požadovaný tvar a rozměry galvanického bubnu. Nutnou podmínkou pro správné svaření ploch je řízení vstupních parametrů.

5.1.1 Metoda svařování na tupo horkým tělesem

5.1.1

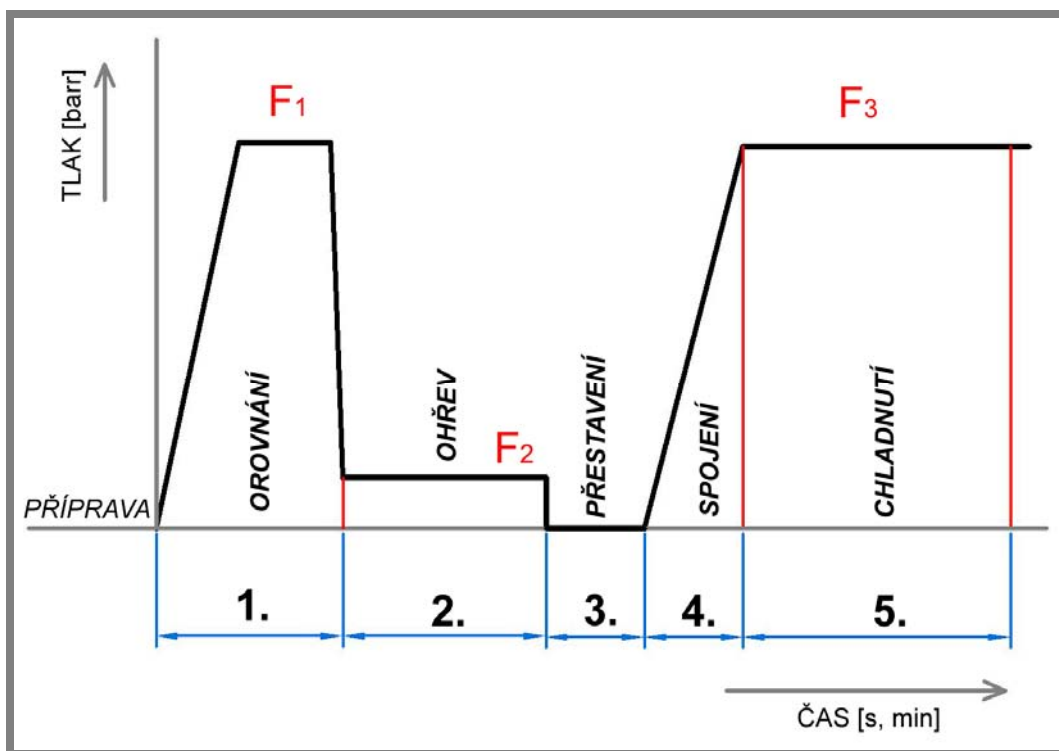
Princip této metody spočívá v ohřevu čel trubek nebo desek pomocí topného tělesa, viz obr. 5-1. Topné těleso je v praxi často označováno jako tzv. zrcadlo nebo pravítko. Rozdíl mezi pravítkem a zrcadlem je následující: mluví-li se o pravítku, jedná se o desku, v opačném případě se jedná o topné těleso v podobě příruby.



Obr. 5-1 Postup svařování na tupo [9]

Celý proces se skládá z pěti fází, které názorně popisuje diagram na obr. 5-2.

- První fáze slouží k vytvoření výronku na hranách svařovaných součástí. Tohoto se docílí působením orovnávacího tlaku na zrcadlo nebo pravítko spojovanými plochami. Výšku výronku uvádí svařovací tabulky a kontroluje ji svářeč.
- Ve druhé fázi procesu dochází k prohřátí svařovaných ploch hlouběji do materiálu. Tímto zajistíme správnou plastifikaci svařované oblasti. Prohřívací tlak nabývá nejnižší hodnoty v celém postupu a doba, po kterou působí, závisí na tloušťce stěny.
- Celá fáze přestavování probíhá bez přítlaku. Spočívá v odsunutí obou spojovaných ploch, poté následuje vyjmutí topného tělesa z místa svaru. V posledním kroku této fáze dochází znovu k dotyku mezi spojovanými plochami. Celou operaci je nutno provést v co nejkratším časovém intervalu, aby nedošlo k přílišnému ochlazení zóny svaru.
- Ve čtvrté fázi nastává vlastní spojení svařovaných ploch, vlivem čehož vzniká na obou hranách výronek. Ten stejně jako u první fáze vizuálně kontroluje svářeč. Zejména se přikládá důraz na tvar a rovnoměrnost svaru po celé jeho délce. Doba náběhu do plného tlaku určují svařovací tabulky a nedoporučuje se jej překračovat.
- Poslední fáze svařování na tupo horkým tělesem se nazývá chlazení. Tabulky uvádí minimální doby udržování konstantního tlaku. Ten je většinou roven tlaku orovnávacímu, nebo může být i vyšší.



Obr. 5-2 Fáze svařování na tupo [9]

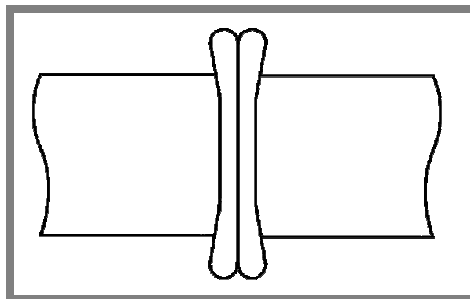
Samotnému svařování předchází revize pracoviště. Zejména kontrola materiálových charakteristik. Z tohoto hlediska jsou důležitými faktory stáří materiálu (do dvou let), jeho opracování a hlavně svařitelnost. Poté se provádí kontrola čistoty a prohřátí topného tělesa a dále správné upnutí svařovaných dílů.

Vstupními parametry jsou svařovací tlaky, teploty a časy v jednotlivých fázích celého procesu svařování. Hodnoty všech veličin se během procesu mění. Tlak se určuje pomocí plochy svaru. V našem případě je to délka bubnu násobená tloušťkou perforované desky. Teplota je závislá na druhu svařovaného materiálu. Čas v první fázi rozhoduje o velikosti výronku. Ta by se měla pohybovat v rozmezí 1-3 mm. Tuto vstupní veličinu u většiny svařovacích automatů řídí obsluha stroje.

Zhodnocení vybraného způsobu výroby

Velkou výhodou je stavba svaru, viz obr 5-3. Po dokončení celého procesu svařování je výronek pomocí ručního elektrického dláta odstraněn. U takto svařených dílů nemůže dojít k neutěsněnému místu svaru, proto se sníží ztrátovost při galvanickém pokovování.

Nevýhody spočívají ve vlastním návrhu pracoviště. Aplikace tohoto způsobu výroby na námi požadovaný tvar galvanického bubnu bude velice náročná. Pro tento účel je třeba navrhnout pracoviště, jehož konstrukce se stane prototypem.



Obr. 5-3 Stavba svaru [7]

Pro zpracování kap. 5.1.1 bylo čerpáno z [7] a [9].

5.2 Výběr varianty pohonu pro vyvození svařovacích tlaků

5.2

Pro vyvození svařovacích tlaků je využito pneumatických prvků. Jejich největší výhoda před hydraulickými prvky spočívá v možnosti otevřeného obvodu. Další výhodou je čistota při provozu a pořizovací cena veškerého příslušenství.

5.3 Varianty zařízení

5.3

Pro různé návrhy variant bylo vybráno druhé stanoviště v technologické proceduře výroby galvanických bubnů metodou svařování na tupo. Zařízení slouží k zarovnání pláště, viz níže.

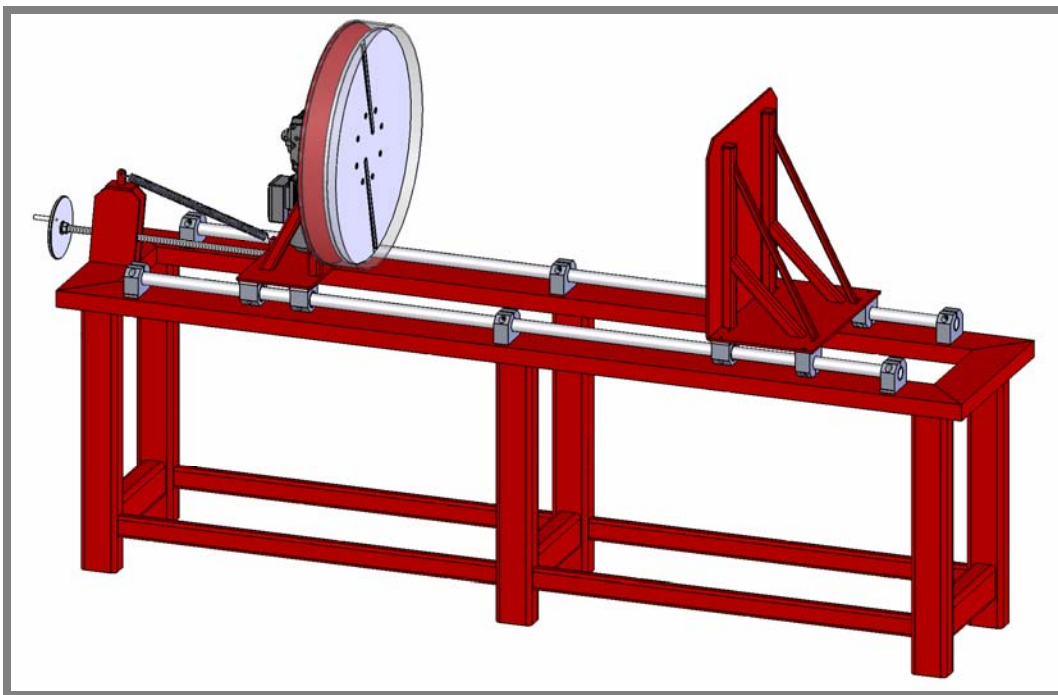
Varianty spočívají v různých obráběcích prvcích stroje:

- První varianta spočívá ve využití šnekové převodovky a motoru od firmy SEW jako pohonné jednotky pro obráběcí přírubu s noži, viz kap. 5.3.1.
- Druhou variantu využívá ručního elektrického hoblíku Hitachi 1806 b, který je upnut na rotační přírubě, viz kap. 6.2.

Při návrhu druhé varianty se upravila pouze obráběcí část zařízení. Rám stroje a opěrný stůl nedoznaly žádných změn.

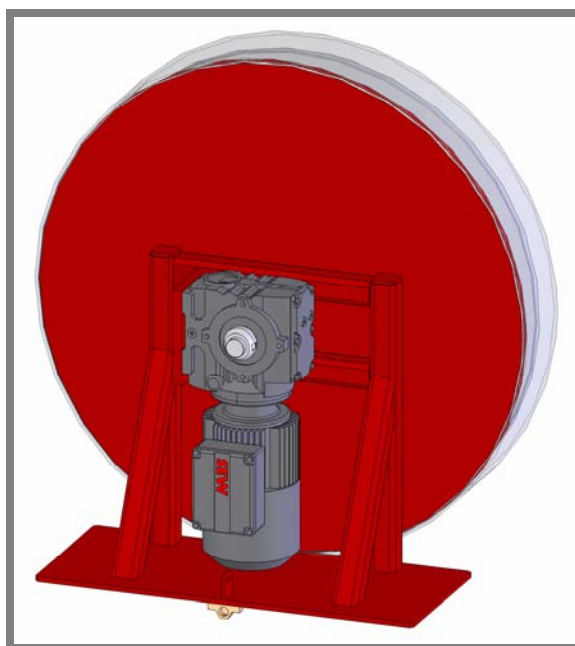
5.3.1 Příruba s noži poháněná šnekovou převodovkou

Skládá se ze svařovaného rámu, ke kterému jsou přišroubována dvě lineární vedení. Ta slouží pro posuvné uložení obráběcího stolu, viz obr 5-4. Pro udržení vytvořené roviny slouží opěrný stůl. Celá obráběcí část, upnutá na obráběcím stole, se posouvá pomocí závitové tyče.

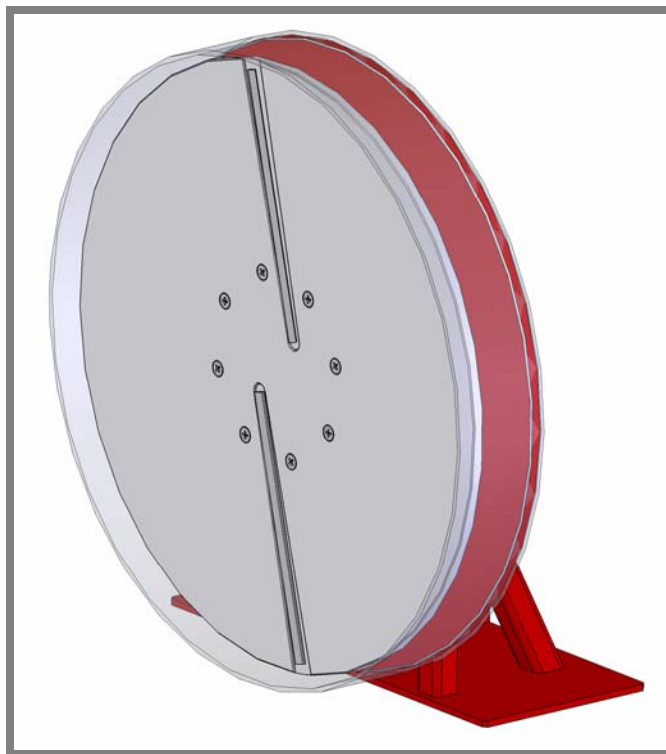


Obr. 5-4 Varianta HPW-2

Jako obráběcí prvek byla zvolena příruba s řeznými noži poháněná šnekovou převodovkou, viz obr. 5-5 a obr. 5-6. Otáčky příruby jsou regulovány pomocí frekvenčního měniče.



Obr. 5-5 Obráběcí stůl - pohon



Obr. 5-6 Obráběcí stůl - otočná příruba s noži

Zhodnocení varianty

Tento způsob zarovnání čel byl firmou v minulosti uplatňován. Jeho největší nevýhody spočívají v obráběcích rychlostech a obráběcích silách, které se výrazně mění v závislosti na průměru galvanického bubnu a materiálu, ze kterého byl vyroben. Při nedodržení správných otáček dochází k deformaci pláště při obrábění. Z tohoto důvodu byl tvořen nový návrh obráběcího prvku, viz kap. 6.2.

6 KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Operace, kterými docílíme svaření galvanického bubnu metodou na tupo horkým tělesem vyplývají z konstrukce galvanického bubnu a z technologických zásad pro správný postup svařování.

Celé pracoviště se skládá ze tří na sebe navazujících celků dle prováděných operací. Tímto lze opodstatnit i označení jednotlivých zařízení **HPW** (Hot Plate Welding):

- HPW – 1: svaření rohových výztuh a perforovaných desek viz kapitola 6.1,
- HPW – 2: zarovnání čel pláště do roviny kolmé na osu galvanického bubnu viz kapitola 6.2,
- HPW – 3: svaření předupravených přírub a finálního pláště, viz kapitola 6.3.

V rámci snižování nákladů na výrobu strojů bylo uvažováno o sdružení jednotlivých zařízení na dva celky. V tomto případě by se pro zarovnání čel a zároveň jejich svařování použilo pouze jedno zařízení. Od této varianty bylo nakonec upuštěno z důvodu složitosti a rozměrů zařízení.

6.1 Svařování pláště

6.1.1 Technologický postup a účel zařízení

Účelem HPW – 1 je vytvořit svár mezi perforovanými deskami a rohovými výztuhami. Rozhodujícími vstupními parametry jsou svařovací tlaky, teploty a časy jednotlivých fází.

Výstupem z tohoto zařízení je šestihranný plášť bez víka. Touto operací se však nedocílí finálního tvaru pláště. Pro obsluhu zařízení je totiž velmi obtížné zajistit, aby čela perforovaných desek a rohových výztuh byly po svaření ustaveny v jedné rovině, viz obr. 6-1.



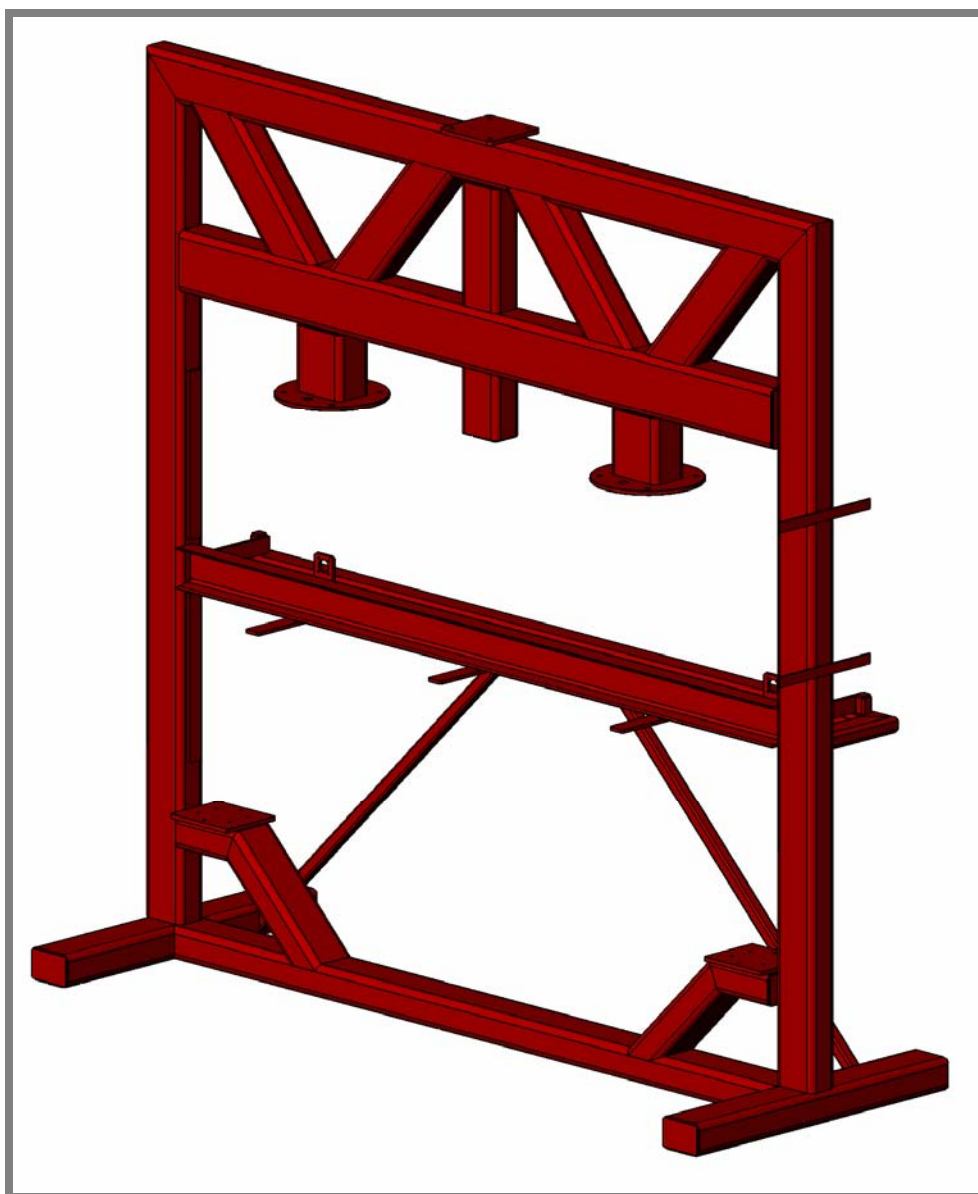
Obr. 6-1 Nezarovnaný plášť galvanického bubnu

6.1.2 Konstrukce HPW – 1

Jedná se o vertikální svařovací stolicí. Zařízení se skládá ze sedmi dílčích částí, které zajišťují správný a bezpečný postup při svařování, viz příloha 2. Rozměry zařízení jsou závislé na rozměrech největšího bubnu, který firma vyrábí. Maximální průměr přírub, resp. ozubených kol činí 600 mm a maximální hodnota délky bubnu je 1300 mm.

Rám stroje

Rám stroje byl navržen jako ocelový svařenec, viz obr. 6-2. Jako základní stavební prvky byly využity obdélníkové profily. Tvar rámu odpovídá prováděným operacím a uchycení jednotlivých prvků. Skládá se ze dvou svislých ramen uzavřených pomocí pevných příčníků do tvaru obdélníku. Pro zajištění stability má rám ve spodní části přivařeny dvě opěrné nohy. Požadované tuhosti se dosáhne správnou volbou vazníků v kritických místech namáhání.



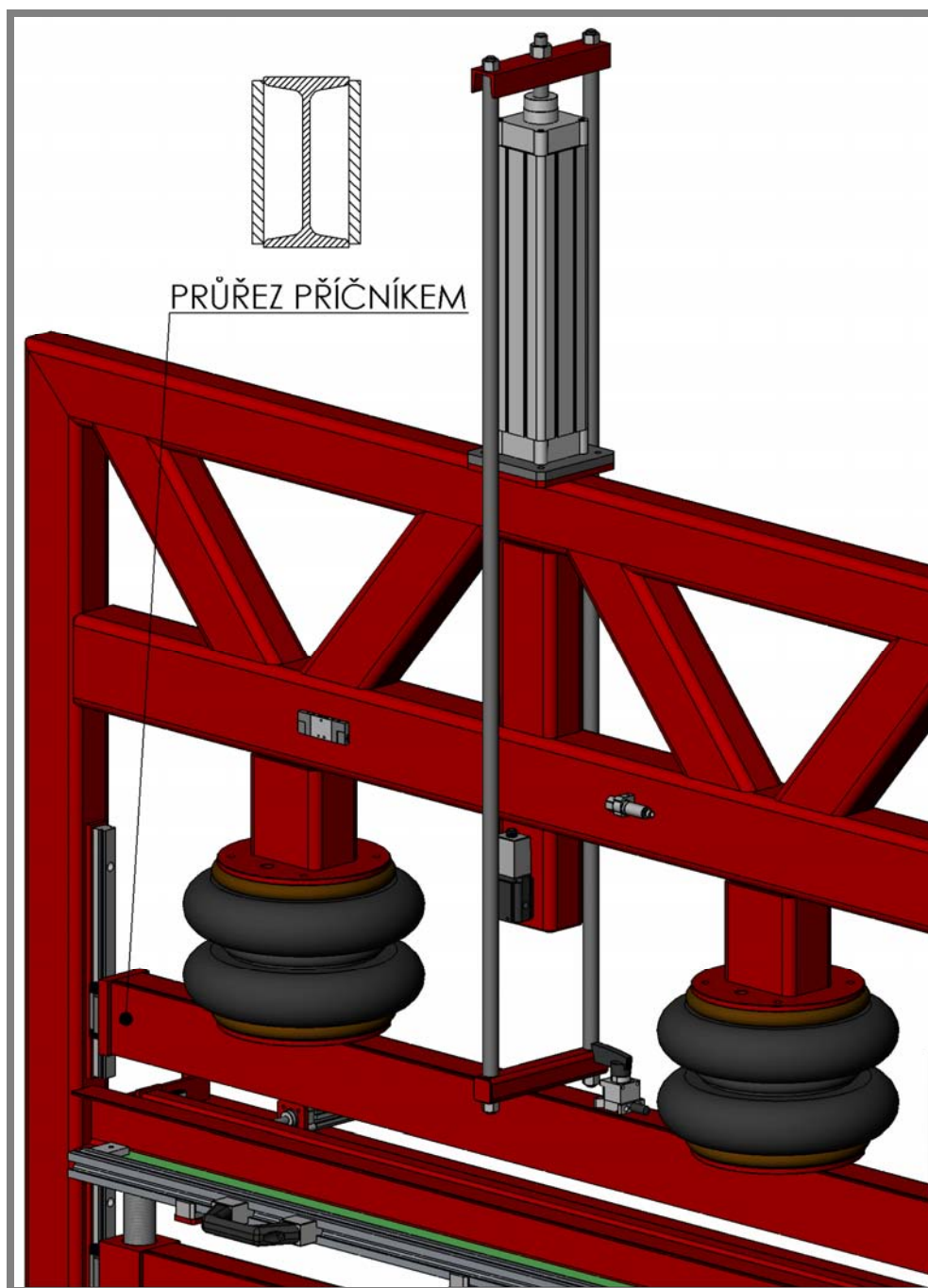
Obr. 6-2 Rám HPW-1

Horní příčník a příslušenství

Skládá z I - profilu, po jehož obou otevřených stranách jsou navařeny desky pro zvýšení tuhosti, viz obr. 6-3. Tento prvek je následně na obou koncích uzavřen obdélníkovou přírubou, ke které je přišroubováno lineární vedení THK [12].

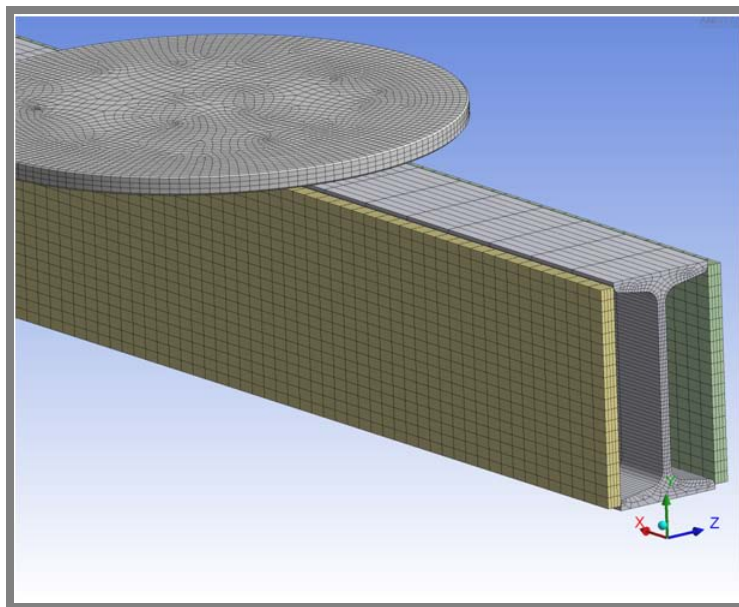
Příčník slouží pro rozvedení svařovacího tlaku do celé oblasti svaru mezi topné těleso (pravítko) a spojované součásti.

Pro vyvození svařovacích tlaků byly zvoleny dva pneumatické měchy. Jejich parametry jsou zvoleny s ohledem na maximální svařovací tlak, který určují Směrnice a návody Německého svazu pro svařování. Pro pohyb v opačném smyslu působení měchů (zdvih příčníku) je využito dvojčinného pneumatického válce.



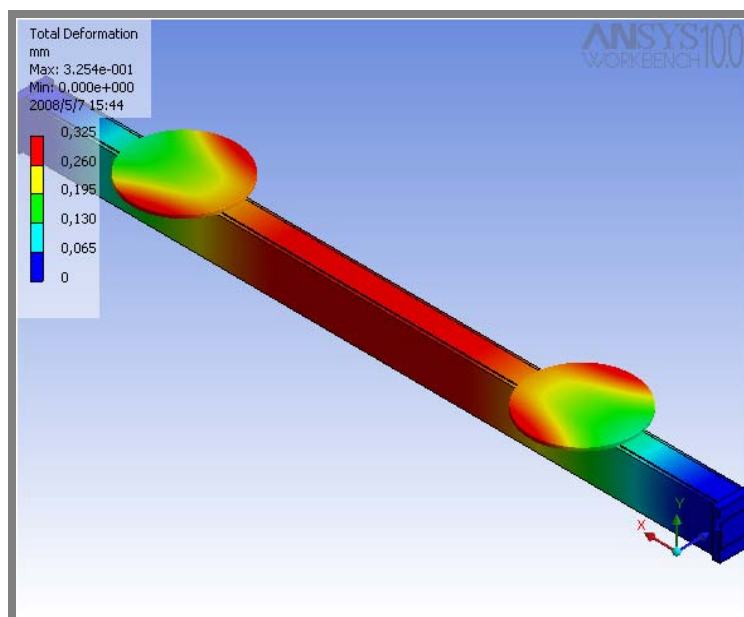
Obr. 6-3 Horní příčník

U všech prvků pracoviště je pro jejich správnou funkci rozhodující tuhost a přesnost. V případě HPW – 1 je kladen důraz zejména na tuhost horního příčnicku. Tento parametr je rozhodujícím faktorem pro dosažení kvalitního a rovnoměrného svaru. Pokud by tento parametr nebyl dostatečně plněn, mohlo by dojít k nerovnoměrnému rozložení tlaku na svařované plochy, což by vedlo k proměnné velikosti výronku po celé délce svaru.



Obr. 6-4 Konečnoprvková síť

Pro zjednodušení byl horní příčník vyjmut ze sestavy a v místech, kde jsou přišroubována vedení byl vetknut. Zatížení 0,15 MPa vyplývá z maximálního potřebného svařovacího tlaku a působí na plochy obou přírub. Obrázek 6-4 ukazuje konečnoprvkovou síť. Na obr. 6-5 je zobrazen výsledek celkové deformace. Nejvyšší hodnota 0,325 mm je pro náš účel v mezích. V praxi se použitím přípravků docílí ještě nižších výsledků.



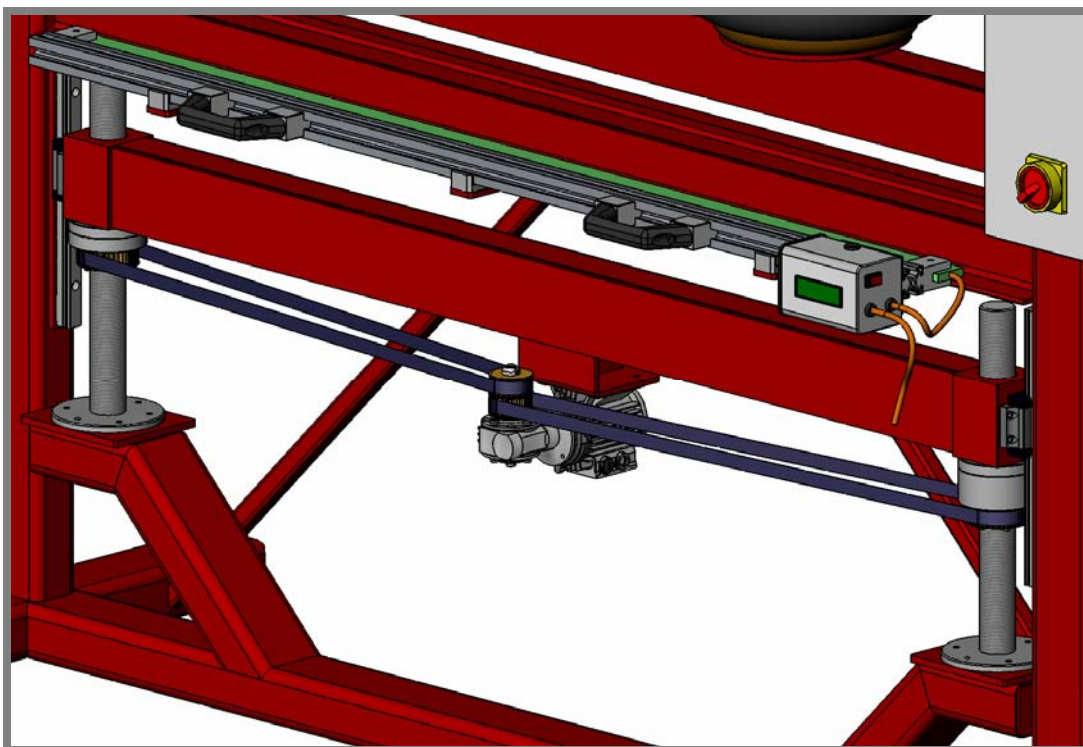
Obr. 6-5 Celková deformace příčnicku

Spodní příčník a příslušenství

Spodní příčník, viz obr. 6-6, se využívá jako polohovatelný doraz, který podpírá perforovanou desku. Pro různé rozměry desek je nutné, aby se příčník pohyboval, ale přesto byl pevně uložen. K jeho vedení je použito lineární vedení od firmy THK [12].

Jako pohon pro pohyb spodního příčníku byl použit motor se šnekovou převodovkou, který přes dva ozubené řemeny pohání matice. Otáčením matic, uložených pomocí axiálních ložisek na spodní straně příčníku, dochází k posuvu po pevných závitových tyčích. Závitové tyče prochází příčníkem skrz.

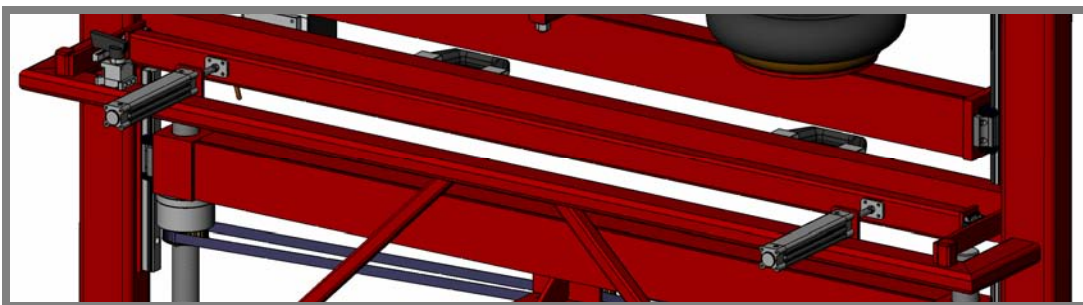
Pro výpočet ozubených řemenů bylo využito softwarového prostředí MitCalc, viz přílohy 3.



Obr. 6-6 Spodní příčník

Zadní příčník

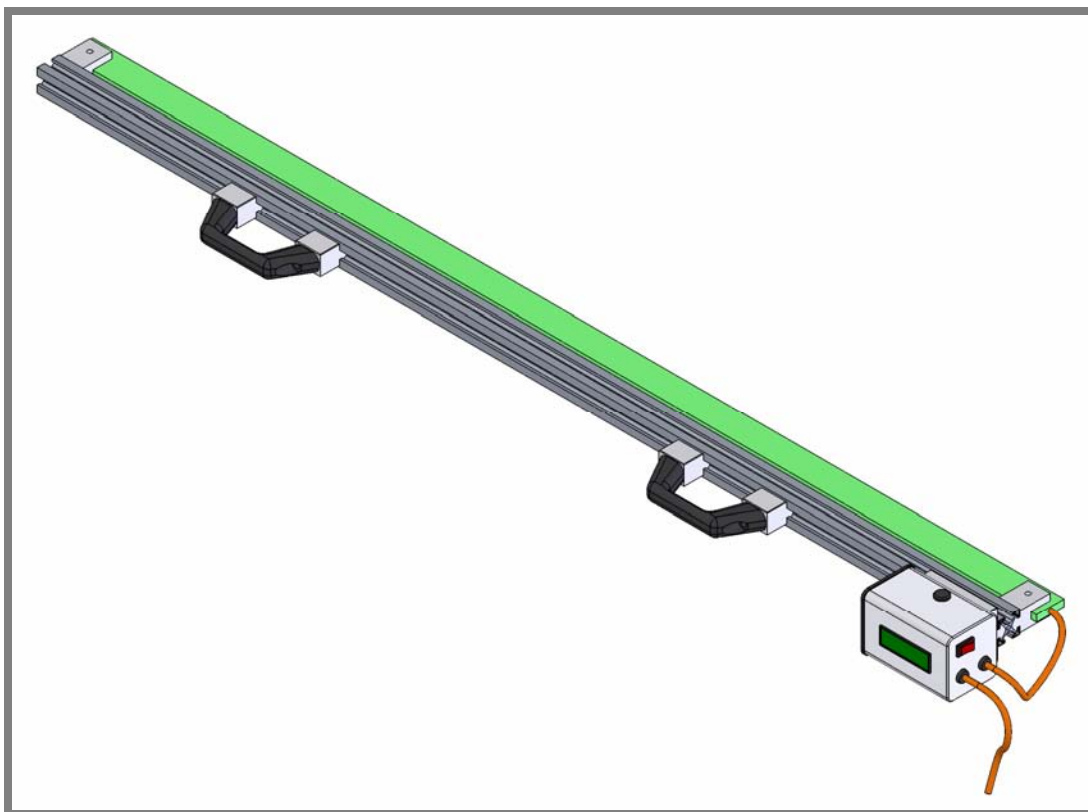
Jedná se o obdélníkový profil uložený v lineárním vedení THK [12]. Slouží k uchycení plochy perforované desky kolmé na plochu svaru. Pro vyvození pohybu slouží dva pneumatické válce, viz obr. 6-7.



Obr. 6-7 Zadní Příčník

Topné těleso

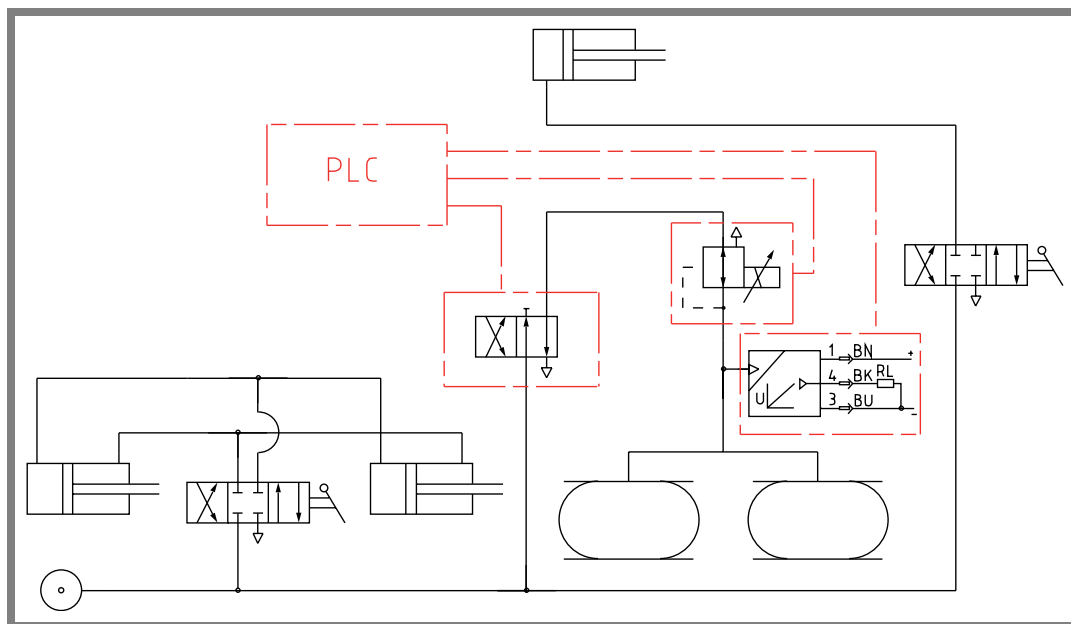
Topná tělesa dodává firma AKplast. Pracují na principu topné spirály. Pomocí odporu se docílí ohřátí a za přispění teplotních senzorů umístěných přímo v zrcadle či pravítku, viz obr. 6-8, je zpětně řízena teplota. Teplotu reguluje obsluha a její hodnota je dána materiálem galvanického bubnu. Povrch zrcadla pokrývá vrstva teflonu, která zabraňuje přilnavosti mezi svařovanou plochou a topným tělesem [13].



Obr. 6-8 Topné těleso (pravitko)

Pneumatické prvky a jejich ovládání

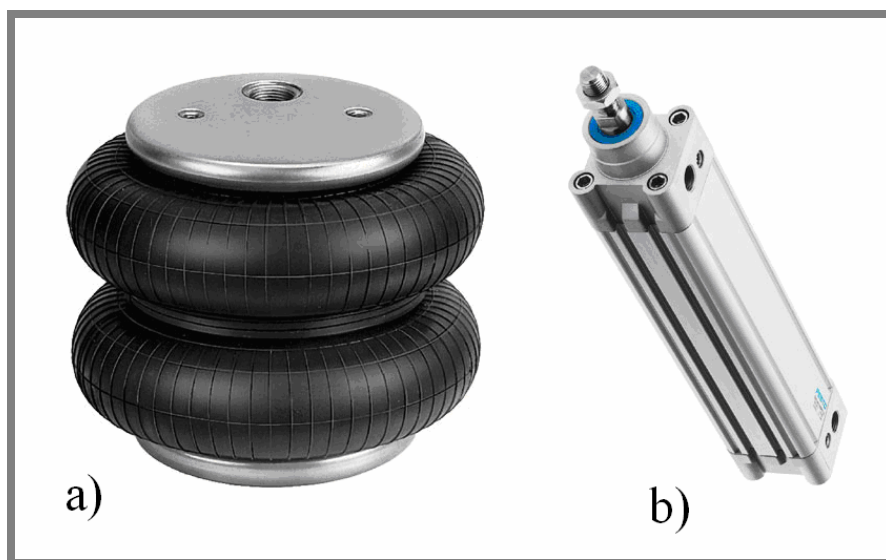
Jako pohony pro funkční části zařízení byly zvoleny pneumatické měchové přímočaré motory a dvojčinné přímočaré motory s jednostrannou pístní tyčí. K jejich ovládání je využito mechanických a PLC jednotkou řízených prvků. Schéma zapojení celého pneumatického obvodu je na obr. 6-9.



Obr. 6-9 Zapojení pneumatického obvodu

Měchové přímočaré motory, viz obr. 6-10a, se používají k vyvození svařovacích tlaků. Jsou tvořeny tvořené dvěma kovovými přírubami a zaválcovaným pryžovým měchem. Jejich výhoda před pístovými motory spočívá v možnosti vyšších tlaků. Nevýhodu lze najít v působení pneumatických měchů pouze jedním směrem.

Pro návrat do výchozí polohy musí být využito jiného zařízení [14]. K tomuto účelu slouží přímočarý dvojčinný motor s jednostrannou pístní tyčí, viz obr. 6-10b.



Obr. 6-10 Pneumatický a) měch EB-385 -230, b) válec DNC [15]

V pneumatickém obvodu HPW – 1 jsou zapojeny dva pákové rozváděče na obr. 6-11, které slouží k ovládání horního a obou bočních pneumatických válců. Při zvedání horního příčníku je velice důležité, aby časový interval potřebný k přestavení byl co nejkratší, viz kap. 5.1. Z důvodu bezpečnosti práce je tento významný úsek procesu ponechán na obsluze stroje.



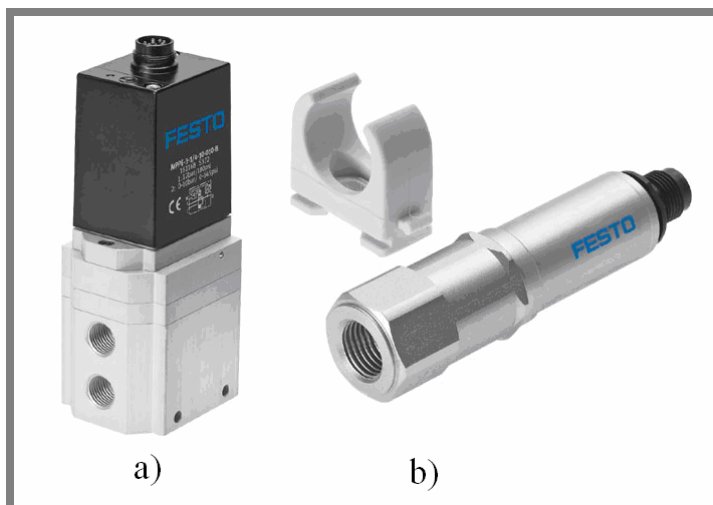
Obr. 6-11 Pákový rozvaděč 4/3 VHER [15]

Dalším členem v pneumatickém obvodu HPW – 1 je rozvaděč 4/2 CPE na obr. 6-12. Jedná se o univerzálně použitelný ventil, který je možno ovládat pneumaticky nebo elektricky. Jeho hlavní funkce v obvodu není řídicí, ale je využit jako bezpečnostní prvek, proti pádu horního příčnicku.



Obr. 6-12 Univerzální rozvaděč 4/2 CPE [15]

Tlakové čidlo (na obr. 6-13b) vytváří zpětnou vazbu mezi proporcionálním regulátorem tlaku (na obr. 6-13a) a PLC jednotkou.



Obr. 6-13 a) Proporcionální redukční ventil MPPE, b) Tlakové čidlo SDET [15]

Na obr. 6-14 a 6-15 je zobrazeno příslušenství (šroubení, tlumič hluku a hadice o vnějším průměru 6 mm), pomocí kterého jsou vytvořeny rozvody k jednotlivým pneumatickým prvkům.



Obr. 6-14 Příslušenství - a) tlumič hluku UC, b) T-šroubení QSMT [15]



Obr. 6-15 Hadice PUN [15]

Řídící jednotka

Vstupní parametry jsou řízeny PLC jednotkou. Obsluha stroje zadává údaje o materiálu, dále o tloušťce a délce svařovaných dílů do PLC jednotky. Ta následně vyhodnotí svařovací tlaky a časy jednotlivých fází. Pouze u třetí fáze, viz kap. 5.1. se čas potřebný na přestavení dílů, resp. odebrání pravítka ze zóny svaru řídí obsluhou. Důvodem je bezpečnost práce.

Data s informacemi o svařovaných dílech jsou uloženy do dynamické paměti. Z pevné paměti se pomocí procesoru načte program, ve kterém jsou zapsány instrukce dle postupu pro svařování na tupo horkým tělesem. Instrukce jsou po té odeslány na porty a z nich už přímo k řízeným prvkům [16].

Pro náš účel byl zvolen automat typu MPC302, který v se základní výbavě dodává s podsvíceným displejem o velikosti 2x16 znaků a 6-ti tlačítkovou klávesnicí, viz obr. 6-16. Na čelním panelu se zobrazují údaje základních provozních stavů [17].



Obr. 6-16 Panel PLC jednotky [17]

6.2 Zarovnání čel pláště

6.2

6.2.1 Technologický postup a účel zařízení

6.2.1

Jak již bylo zmíněno výše, není možné v průběhu svařování pláště zajistit rovinnost čela. Proto byl zaveden druhý krok technologie. Tím je zarovnání čel pláště do roviny kolmé na osu galvanického bubnu. Vedlejším účinkem této operace je očištění svařovaných ploch.

Důležitým faktorem jsou síly (vznikající při obrábění), způsobující deformaci pláště. Proto nebylo vhodné zařízení, které je popsáno v kap. 5.3. Finální varianta návrhu nového zařízení je vysvětlena v kap. 6.2.2.

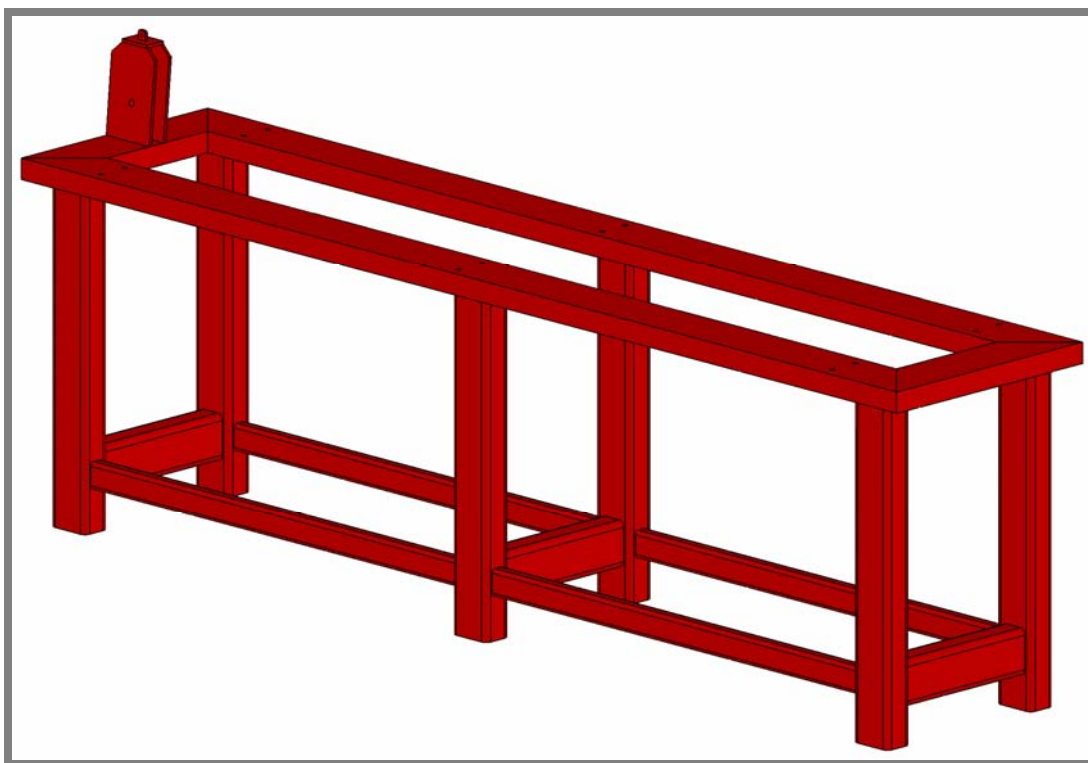
6.2.2 Konstrukce HPW – 2

6.2.2

Jedná se o obráběcí zařízení, které se skládá ze čtyř celků, viz příloha 4. Finální varianta HPW – 2 navazovala na předchozí zkušenosti a při její realizaci se vycházelo z již použitých prvků. Nezměněn zůstal rám a opěrný stůl.

Rám stroje

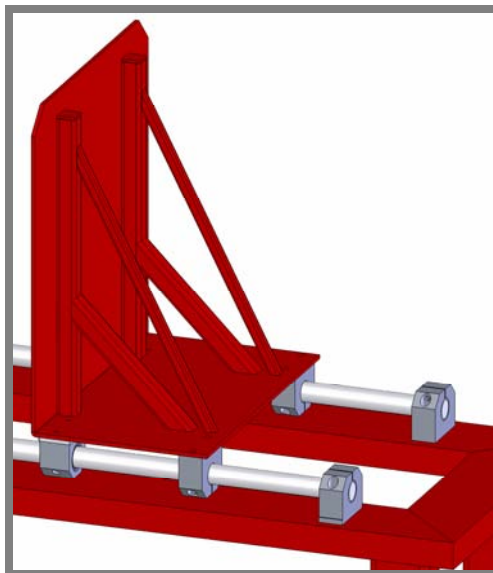
Základní kostru tvoří ocelové obdélníkové profily a k vytvoření roviny pro *lineární vedení* bylo využito U – profilu, viz obr. 6-17. Na lineárním vedení jsou uloženy dva stoly. Vedení se skládá ze dvou vodících tyčí, z osmi pevných pouzder a z šesti uzavřených pohyblivých kuličkových pouzder [18].



Obr. 6-17 Rám HPW-2

Opěrný stůl

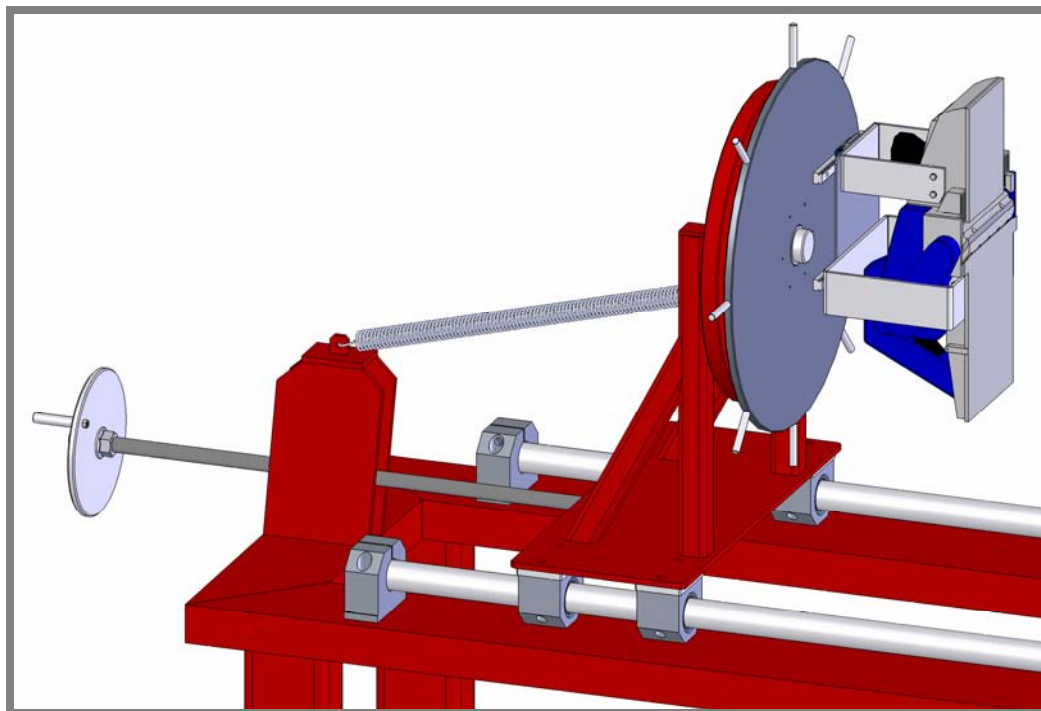
Je tvořen svařením obdélníkových profilů k ohýbanému plechu, viz obr. 6-18. Ke spodní části stolu jsou přišroubovány dva typy pouzder lineárního vedení. Přední pohyblivé kuličkové pouzdro umožňuje posuv stolu, naopak zadním pevným pouzdem se docílí ustavení polohy dle rozměrů bubnu.



Obr. 6-18 Opěrný stůl

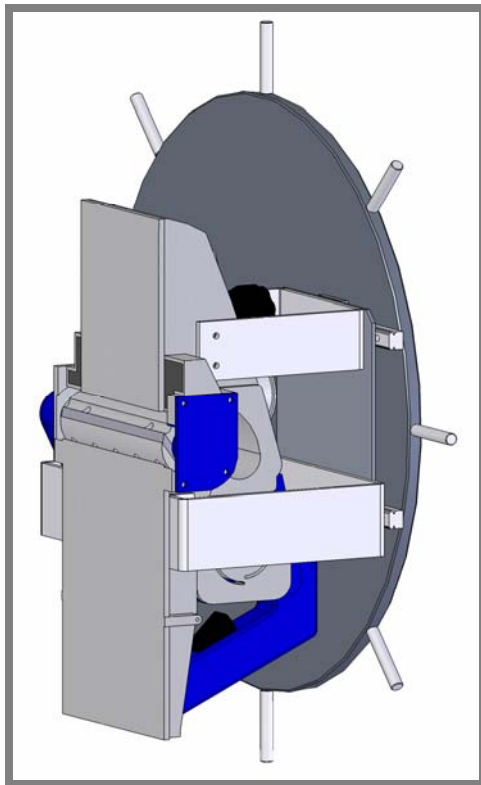
Obráběcí stůl a příslušenství

Je vytvořen svařením nosné desky, obdélníkových profilů a pevné příruby. K nosné desce jsou přišroubovány dva páry kuličkových pouzder. Pro pohyb stolu s obráběcím příslušenstvím (ruční elektrický hoblík) slouží závitová tyč uchycená na spodní straně stolu do bronzového pouzdra, viz obr. 6-19.



Obr. 6-19 Obráběcí stůl

Pro zarovnání variabilních rozměrů pláště galvanického bubnu je využito posuvného suportu. Jedná se o hliníkový plát uložený na lineárním vedení THK [12]. Vedení suportu je přišroubováno k rotační přírubě, viz obr. 6-20. Ta svým pohybem umožňuje hoblíku zarovnat obvod celého pláště.



Obr. 6-20 Otočná příruba

Jako obráběcí prvek byl pro svou velkou šířku záběru (170 mm) zvolen ruční elektrický hoblík Makita 1806 B, viz obr. 6-21.



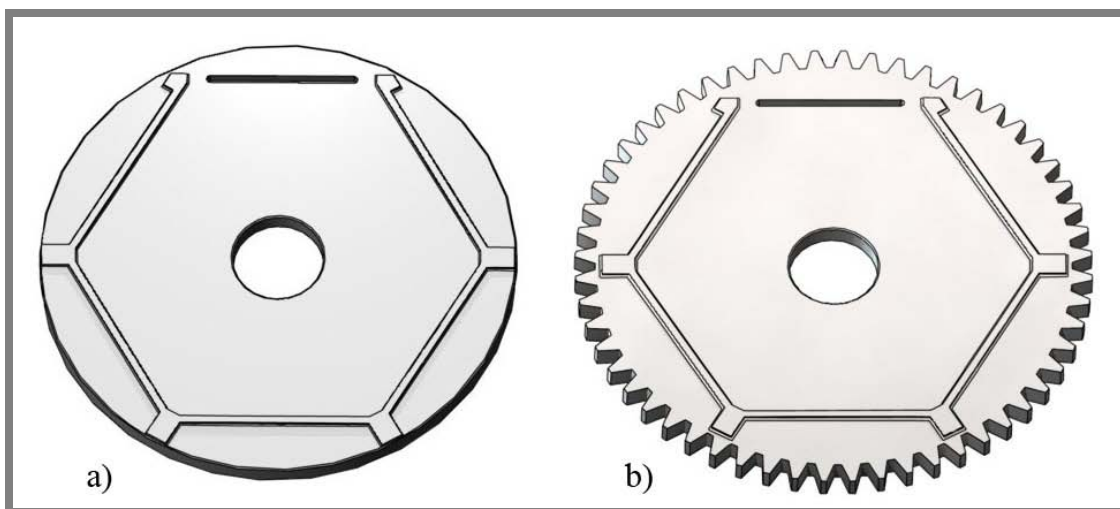
Obr. 6-21 Ruční elektrický hoblík Makita 1806 B [19]

6.3 Svařování čel a zarovnaného pláště

6.3.1 Technologický postup a účel zařízení

Svaření již konečného tvaru pláště a přírub na obou stranách je posledním krokem celého procesu. Pro správný postup při této operaci je nutná předúprava přírub. Při svařování na tupo je velmi důležitou podmínkou, aby svařované plochy byly v ohledu na tvar a velikost plochy identické [7].

Předúprava příruby tedy spočívá ve vyfrézování negativního tvaru pláště do příruby, viz obr. 6-22. Takto připravené díly je možno osadit do stroje HPW – 3 a svařit.



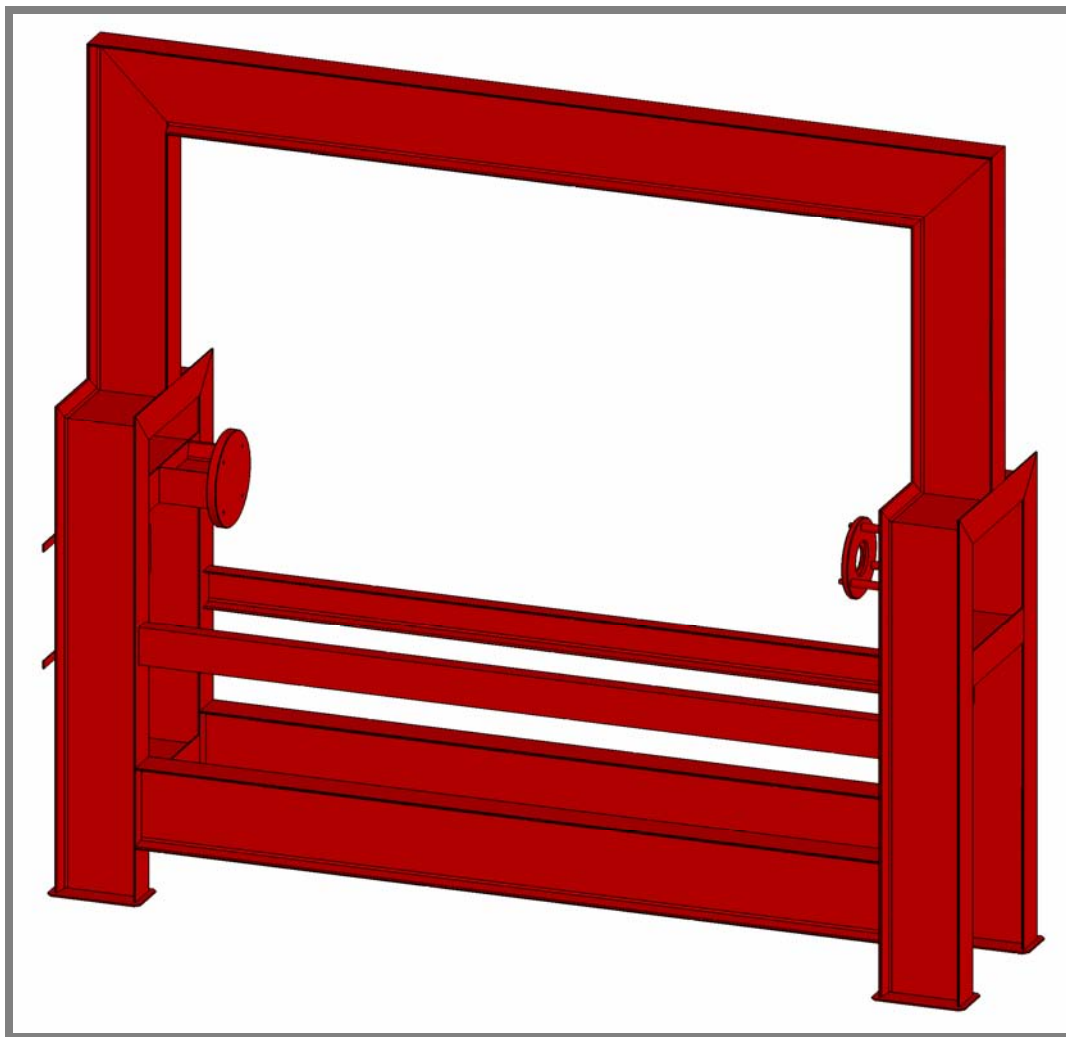
Obr. 6-22 Předúprava a) příruba, b) ozubené kolo

6.3.2 Konstrukce HPW – 3

Jedná se o horizontální svařovací stolicí, která se skládá z pěti dílčích celků, viz přílohy 5. Konstrukce zařízení umožňuje přesné a rovnoměrné navaření čel na plášť bubnu. Stoličky je navržena tak, aby obsáhla celé portfolio vyráběných bubnů.

Rám stroje

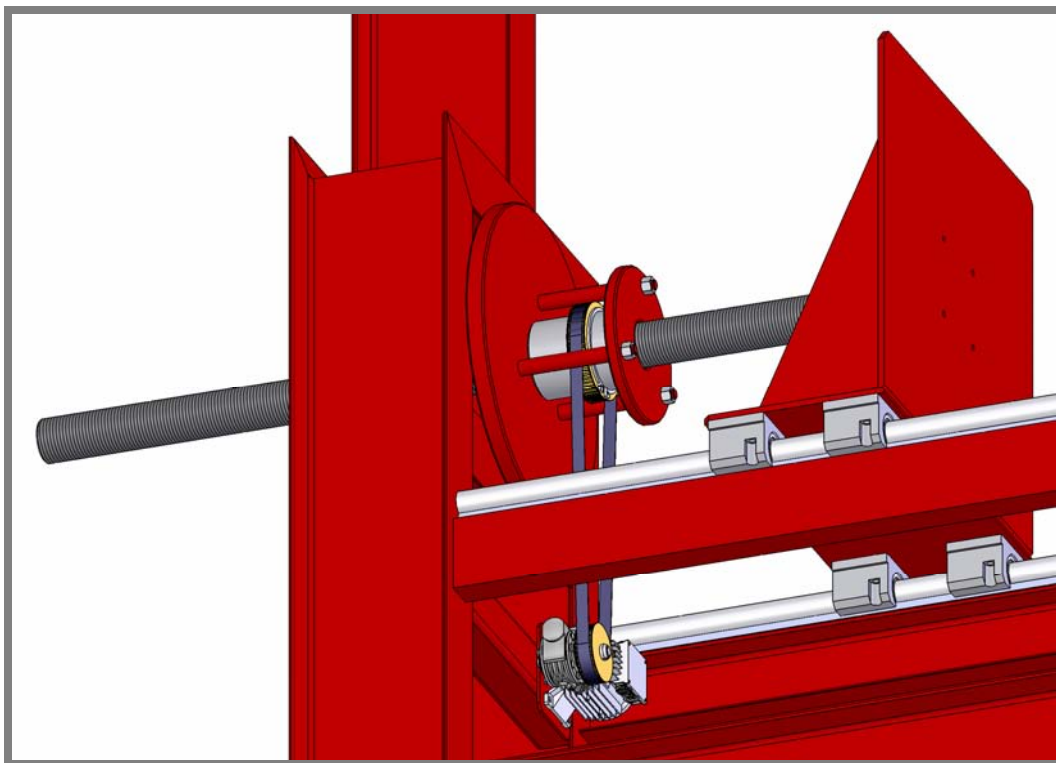
Základní konstrukci svařence tvoří rám z I – profilů, viz obr. 6-23. Je sestaven ze čtyř svislých ramen, dvou podélných příčniců a celá konstrukce je zpevněna pomocí horního vazníku. Pro uložení lineárního vedení jsou použity U - profily, přičemž pro správnou funkci vedení je třeba s velkou přesností dodržet rovinnost a rovnoběžnost těchto profilů.



Obr. 6-23 Rám HPW-3

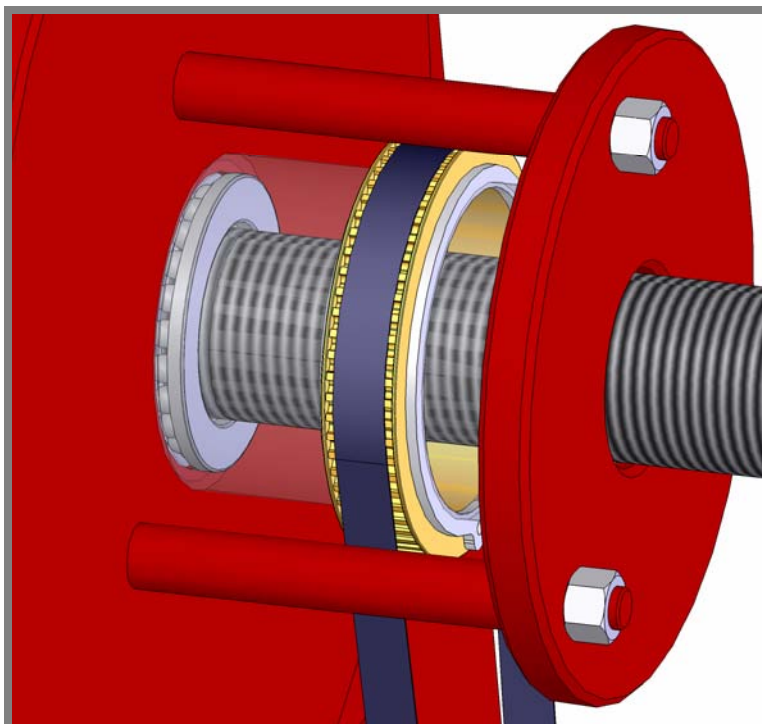
Opěrný stůl a příslušenství

Slouží jako opěrná plocha pro zarovnaný plášť při vlastním svařování. Pro zachování variability rozměrů, v tomto případě délky bubnu, je nezbytné, aby byl opěrný stůl posuvný, viz obr. 6-24. Podobně jako u druhého technologického stanoviště je pro posuv stolu využito pohyblivého kuličkového pouzdra a tyče [18], v tomto případě v otevřeném provedení.



Obr. 6-24 Opěrný stůl

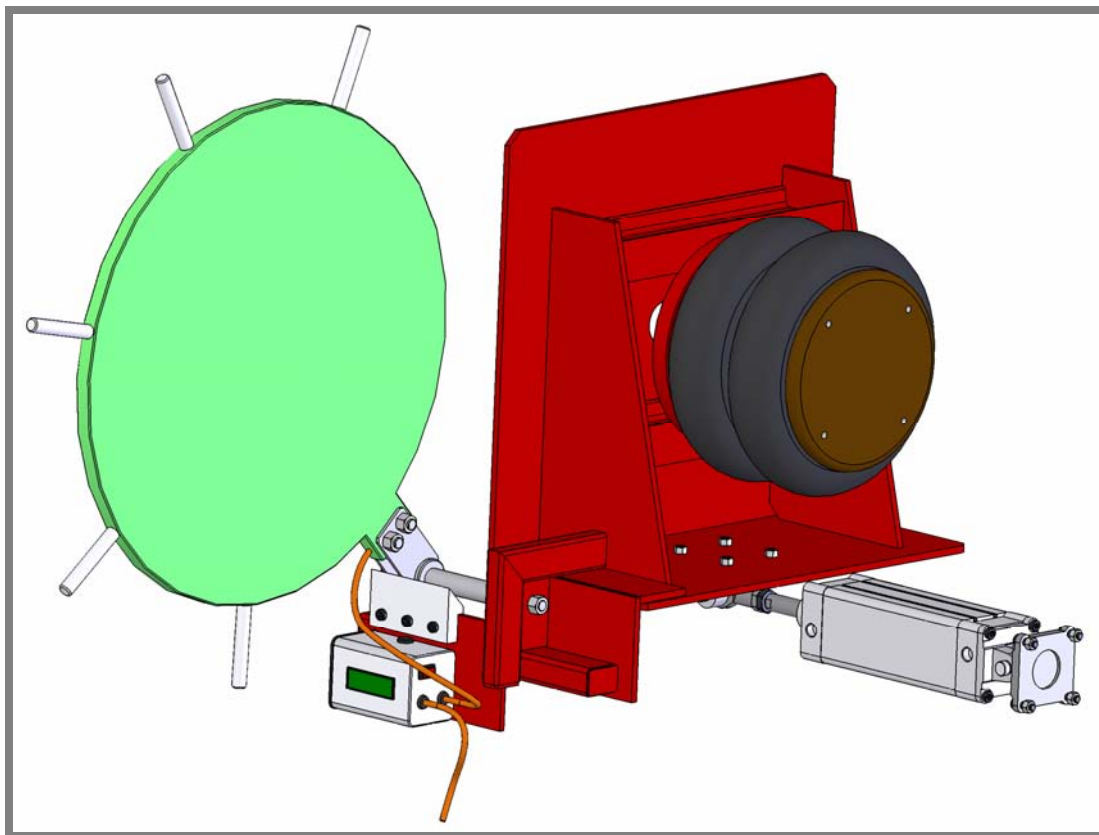
K vytvoření posuvu je opět využito motoru se šnekovou převodovkou, která pomocí ozubeného řemene otáčí maticí, viz obr. 6-25. Pro výpočet bylo užito prostředí MitCalc, viz příloha 6. Závitová tyč pevně uchycená k opěrnému stolu se tak posouvá a umožňuje nastavit stolicí pro požadovanou délku bubnu.



Obr. 6-25 Maticice

Pracovní stůl a příslušenství

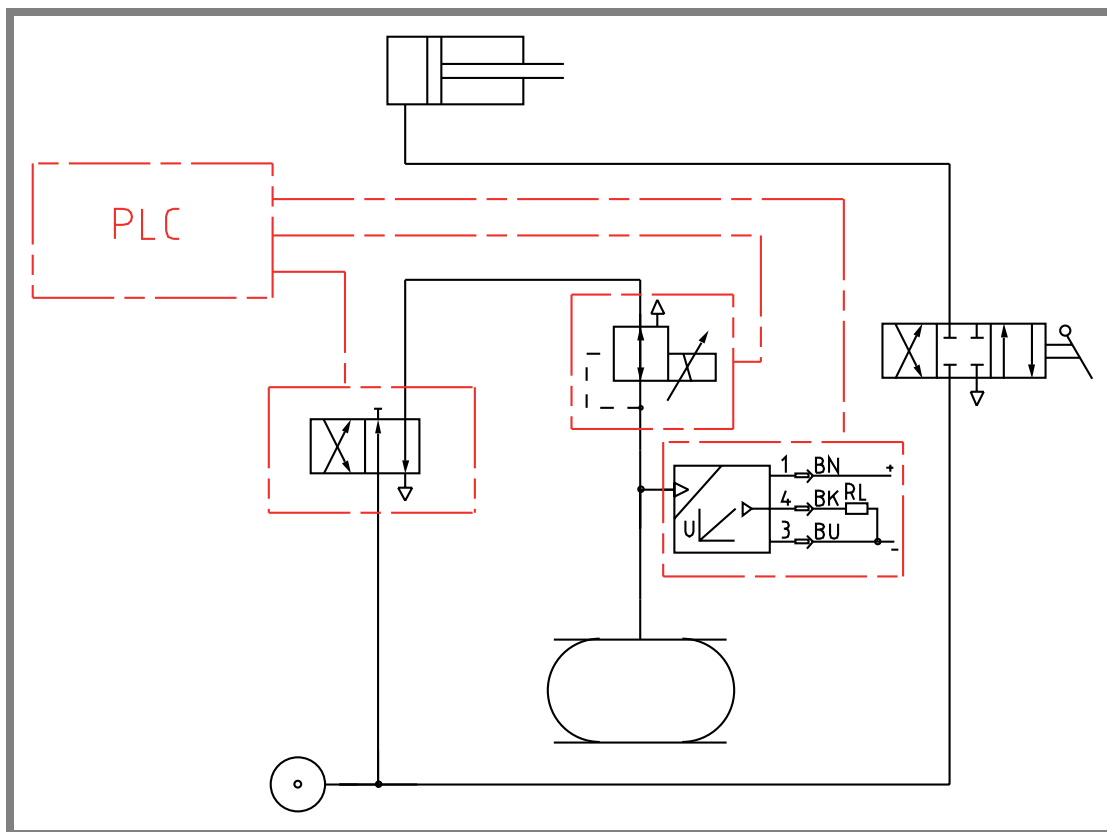
Stůl je posuvně uložen v lineárním vedení. Pneumatický měch působí na desku stolu vždy v ose bubnu a rovněž v ose závitové tyče opěrného stolu. Pro návrat do původní polohy je ke spodní straně stolu přišroubován pneumatický válec. Příslušenství zde tvoří z důvodu variability tloušťky čela posuvně uložené zrcadlo s možností vyklonění z pracovního prostoru před deskou, viz obr. 6-26.



Obr. 6-26 Pracovní stůl

Pneumatické prvky

Jedná se o obdobu pneumatického zapojení dle HPW – 1. Hlavní rozdíl se nachází v odstranění dvou válců, které poháněly zadní příčník, viz obr. 6-27. Další změnou je působení pouze jednoho pneumatického měchu z důvodu jednoduššího rozložení tlaku do svařovací oblasti (tlak působí vždy v ose galvanického bubnu).



Jediným rozdílem v řízení pneumatických prvků HPW – 1 a HPW – 3 dle technologie svařování na tupo horkým tělesem je změna v programu při výpočtu svařované oblasti.

Pro svařovanou plochu musí být splněna nutná podmínka identity svařovaných oblastí a dle její velikosti jsou řízeny svařovací tlaky a čas, po který působí.

7 KONSTRUKČNÍ, TECHNOLOGICKÝ A EKONOMICKÝ ROZBOR ŘEŠENÍ

Cíle diplomové práce:

- nalezení vhodného způsobu výroby galvanického bubnu, který bude mít za následek odstranění výnosů a vnosů.
- navazující návrh automatizovaného pracoviště (celkové snížení výrobních nákladů galvanického bubnu).

Oba cíle se podařilo splnit a největší přínos diplomové práce spočívá v:

- úplném odstranění výnosů a vnosů způsobených technologií výroby,
- snížení času potřebného k výrobě galvanického bubnu na třetinu.

Všechna navržená zařízení byla fyzicky zrealizována a v současné době jsou nasazena v pracovním procesu, kde bez problémů plní funkce, pro které byla navržena.

7.1 Konstrukční rozbor řešení

7.1

Převážná část konstrukčních prvků byla navržena dle kvalifikovaného odhadu. Pouze pro základní prvky konstrukce, které měly významný vliv na kvalitu výsledného produktu, bylo přistoupeno ke kontrolním výpočtům. Navržené řešení bylo záměrně voleno s ohledem na možné vyšší nároky v budoucnu jako mírně naddimenzované.

7.2 Technologický rozbor řešení

7.2

7.2.1 Technologie výroby galvanického bubnu

7.2.1

Vybraná technologie (svařování na tupo horkým tělesem) byla zvolena pro své nesporné výhody vzhledem k požadavkům a pracovním podmínkám výrobku.

7.2.2 Technologie při zhotovování svařovacího pracoviště

7.2.2

S ohledem na hlavní požadovaný parametr jednotlivých zařízení, a to tuhost a jednoduchost konstrukce, bylo přistoupeno k výrobě ráků svařováním.

7.3 Ekonomický rozbor řešení

7.3

Jednotlivé součásti pro vývoj nového způsobu výroby galvanického bubnu byly získány pomocí tří zdrojů:

- nákup,
- protislužby,
- čerpání ze skaldových zásob firmy J.V.Š. s.r.o.

Při hodnocení ekonomického řešení se musí přihlídnout na některé těžko ocenitelné zdroje, proto je zde uvedena hodnota zařízení pouze orientačně. Po konzultaci s vedením firmy J.V.Š. s.r.o. se odhadovaná hodnota pracoviště pohybuje v rozmezí 1 000 000 až 1 200 000 Kč.

Návratnost prostředků vložených do celého pracoviště je uvedena záměrně pouze orientačně a to v řádech let.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] TULKA, Jaromír. *Povrchové úpravy materiálů*. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta chemická, 2005. 136 s. ISBN: 80-214-3062-1.
- [2] SEDLÁČEK, Vladimír. *Povrchy a povlaky kovů*. České vysoké učení technické v Praze, Fakulta jaderná a fyzikálně inženýrská, Duben 1992. Vydání první. 176 s. ISBN: 80-01-00799-5.
- [3] MOHYLA, Miroslav. *Technologie povrchových úprav kovů*. Vysoká škola Báňská – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, 1995. Vydání první. 151 s. ISBN: 80-7078-267-6.
- [4] *Realistic: Sušící pece pro galvanické linky* [online]. c2004 [cit. 2007-11-05]. Dostupný z WWW: <<http://www.realistic.cz/vyrobni-program.php>>
- [5] *Linky galvanických povrchových úprav, zinkování, chromování, eloxování, mědění, niklování, zlcení, stříbření : Reference* [online]. [cit. 2008-05-01]. Dostupný z WWW: <<http://www.aquahard.cz>>
- [6] Centrum inovací a rozvoje. *Manuál pro povrchové úpravy kovů*. [online]. 2007. [cit. 2008-03-21]. Dostupný z WWW: <<http://www.cir.cz/odvetvovy-manual-minimalizace-odpadu/482625/1833546>>
- [7] GREWELL, A. D. - BENATAR, A. - PARK, B. J. *Plastics and Composites Welding Handbook*. Hanser Gardner Publications, May 2003. 407 p. ISBN-13: 978-1569903131.
- [8] *Reklamní prospekt firmy J.V.Š. s.r.o.: Bubny z plstů pro galvanizaci, odmašťování a moření*.
- [9] LOYDA, M. - ŠPONER, V. - ONDRÁČEK, L. *Svařování termoplastů*. Uno Praha s.r.o., 2001. Vydání první. 496 s. ISBN: 80-238-6603-6.
- [10] *Leister.: Handgeräte Produkte Plastic Welding*. [online]. [cit. 2008-02-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.leister.com>>
- [11] *Teporimex.* [online]. [cit. 2008-02-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.teporimex.cz/seznam.php?s1=6&s2=1&s3=1&s4=0>>
- [12] *Lineární vedení s kuličkovou klecí*. Japan : THK CO., [200-?]. 30 s. Dostupný z WWW: <www.thk.com>
- [13] *AK Plast s.r.o. : Ohýbačky a pravítka* [online]. [cit. 2007-12-10]. Dostupný z WWW: <<http://www.akplast.cz/index.php?action=news&treepath=25&category=25>>
- [14] KOPÁČEK, J. *Pneumatické mechanismy: Díl I – Pneumatické prvky a systémy*. Vysoká škola báňská - Technická universita Ostrava, 2005. Druhé vydání. 275 s. ISBN: 80-248-0879-X.
- [15] *Festo – Průmyslová automatizace*. [online]. [cit. 2008-02-20]. Dostupný z WWW: <http://www.festo.com/INetDomino/cz/cs/company_portal_cz.htm>
- [16] CERHA, J. *Hydraulické a pneumatické mechanismy II*. Technická univerzita v Liberci, 2008. Vydání první. 189 s. ISBN: 978-80-7372-297-5.
- [17] *MICROPEL s.r.o.: Technika pro řízení, měření a regulaci* [online]. c2005 [cit. 2007-12-15]. Dostupný z WWW: <<http://www.micropel.cz>>
- [18] *Matis s.r.o.: Lineární technika*. [online]. [cit. 2008-02-20]. Dostupný z WWW: <<http://www.linearnitechnika.cz/ke-stazeni/>>

- [19] *Elektrické Náradie : Hoblíky* [online]. [cit. 2008-04-12]. Dostupný z WWW:
<www.aaanaradie.sk/images/1806B.jpg>
- [20] *Sortimentní katalog Feron a.s.* [online]. [cit. 2007-25-11]. Dostupný z WWW:
<<http://62.168.62.45/cze/katalog/search.php?kat=1>>
- [21] *SEW - EURODRIVE : Produkty* [online]. [cit. 2008-03-25]. Dostupný z WWW:
<<http://www.sew-eurodrive.cz/service/index.htm>>
- [22] *OPIS Engineering k.s. : Katalogy* [online]. [cit. 2008-03-23]. Dostupný z WWW:
<<http://www.opis.cz/katalogy/index.html>>
- [23] *Mechanical, Industrial and Technical Calculations : Ozubené řemeny, návrh, pevnostní kontrola:* [online]. [cit. 2008-04-18]. Dostupný z WWW:
<http://www.mitcalc.com/cz/pr_tbelts.htm>
- [24] SOBEK, E., aj. *Základy konstruování. Návod pro konstrukční cvičení.* 6.přepracované 1. vydání. Akademické nakladatelství CERM Brno, 2004. 53 s. ISBN 80-7204-331-5.
- [25] SVOBODA, P. aj. *Základy konstruování. Výběr z norem pro konstrukční cvičení.* Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o., 2001. 288 s. ISBN: 80-7204-214-9
- [26] LEINVEBER, J. - ŘASA, J. - VÁVRA, P. *Strojnické tabulky.* Třetí, doplněné vydání. Praha: Pedagogické nakladatelství Scinetia, spol. s.r.o., 1999. 985 s. ISBN: 80-7183-164-6

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK, SYMBOLŮ A VELIČIN

PVD – fyzikální depozice povlaků (Physical Vapor Deposition).

CVD – chemická depozice povlaků z par (Chemical Vapor Deposition).

PE – Polyethylen

PP – Polypropylen

3D – trojrozměrný

CAD – počítačem podporovaný návrh

MKP – metoda konečných prvků.

PLC jednotka – programovatelný automat (Programmable Logic Controller).

SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

Obr. 1-1 Schéma elektrolyzéru [1]	14
Obr. 1-2 Galvanická linka [3]	15
Obr. 1-3 Galvanická jednotka [5]	16
Obr. 1-4 Čelo pláště - a) ozubené kolo, b) příruba	17
Obr. 1-5 Volba čela pláště	17
Obr. 1-6 Ohýbaný plášť	18
Obr. 1-7 Galvanický buben s výztuhami	18
Obr. 2-1 Spojování plastů [7]	19
Obr. 2-2 Spojení pero - drážka	20
Obr. 2-3 Horkovzdušná pistole [10]	21
Obr. 2-4 Rychlotryska – a) trojúhelníkový drát b) kulatý drát [11]	21
Obr. 2-5 Stavba V – svaru [9]	21
Obr. 2-6 Způsob svařování horkým plynem [9]	22
Obr. 2-7 Svařovací botička [7]	23
Obr. 2-8 Extrudér [10]	23
Obr. 2-9 Stavba koutového svaru [9]	23
Obr. 5-1 Postup svařování na tupo [9]	27
Obr. 5-2 Fáze svařování na tupo [9]	28
Obr. 5-3 Stavba svaru [7]	29
Obr. 5-4 Varianta HPW-2	30
Obr. 5-5 Obráběcí stůl - pohon	30
Obr. 5-6 Obráběcí stůl - otočná příruba s noži	31
Obr. 6-1 Nezarovnaný plášť galvanického bubnu	32
Obr. 6-2 Rám HPW-1	33
Obr. 6-3 Horní příčník	34
Obr. 6-4 Konečnoprvková síť	35
Obr. 6-5 Celková deformace příčníku	35
Obr. 6-6 Spodní příčník	36
Obr. 6-7 Zadní Příčník	36
Obr. 6-8 Topné těleso (pravítko)	37
Obr. 6-9 Zapojení pneumatického obvodu	38
Obr. 6-10 Pneumatický a) měch EB-385 -230, b) válec DNC [15]	38
Obr. 6-11 Pákový rozvaděč 4/3 VHER [15]	39
Obr. 6-12 Universální rozvaděč 4/2 CPE [15]	39
Obr. 6-13 a) Proporcionální redukční ventil MPPE, b) Tlakové čidlo SDET [15]	39
Obr. 6-14 Příslušenství - a) tlumič hluku UC, b) T-šroubení QSMT [15]	40
Obr. 6-15 Hadice PUN [15]	40
Obr. 6-16 Panel PLC jednotky [17]	40
Obr. 6-17 Rám HPW-2	41
Obr. 6-18 Opěrný stůl	42
Obr. 6-19 Obráběcí stůl	42
Obr. 6-20 Otočná příruba	43
Obr. 6-21 Ruční elektrický hoblík Makita 1806 B [19]	43
Obr. 6-22 Předúprava a) příruba, b) ozubené kolo	44
Obr. 6-23 Rám HPW-3	45
Obr. 6-24 Opěrný stůl	46
Obr. 6-25 Matice	46
Obr. 6-26 Pracovní stůl	47
Obr. 6-27 Schéma pneumatického zapojení HPW-3	48

SEZNAM TABULEK

Tab. 1-1 Přehled technologií povrchových úprav [2]	13
Tab. 2-1 Stavba V –svaru [9]	22

SEZNAM PŘÍLOH

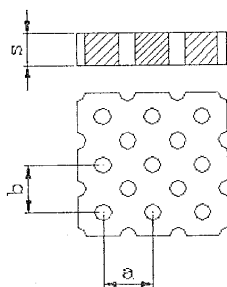
Příloha 1	Možnosti perforací
Příloha 2	Obrázek sestavy svařovací vertikální stolice HPW – 1
Příloha 3	MitCalc: výpočet ozubených řemenů pro HPW – 1
Příloha 4	Obrázek sestavy obráběcího stroje HPW – 2
Příloha 5	Obrázek sestavy svařovací vertikální stolice HPW – 3
Příloha 6	MitCalc: výpočet ozubených řemenů pro HPW – 3
Příloha 7	Fotografie fyzického prototypu pracoviště
Příloha 8	Výkresová dokumentace

Možnosti perforací

Kolmá perforace

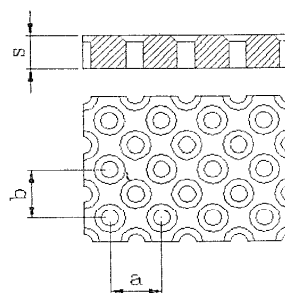
Od 1 mm

s = síla stěny, b = svislá rozteč, a = vodorovná rozteč



Kolmá perforace se zahloubením

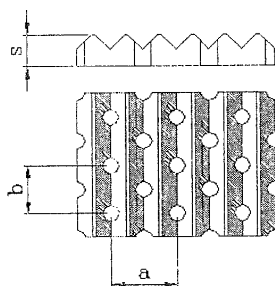
doporučuje se pro všechny velikosti. Zahloubení zvyšuje životnost samotné perforace



Kolmá perforace s drážkovým zahloubením

Perforace je v drážkách, doporučuje se pro otvory pod 2 mm, drážky zároveň profilují stěny, což snižuje přilnavost plochých dílců

s = síla stěny
 b = vodorovná rozteč děr
 a = rozteč drážek



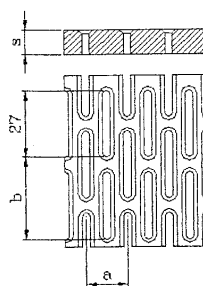
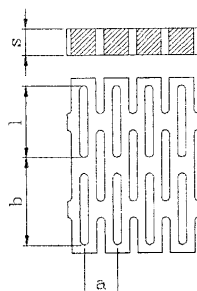
Drážková perforace

krátké drážky cca 27 mm, řady drážek vložené mezi sebe velmi velká volná plocha bubnu. Žádné prohýbání mezistěn mezi drážkami.

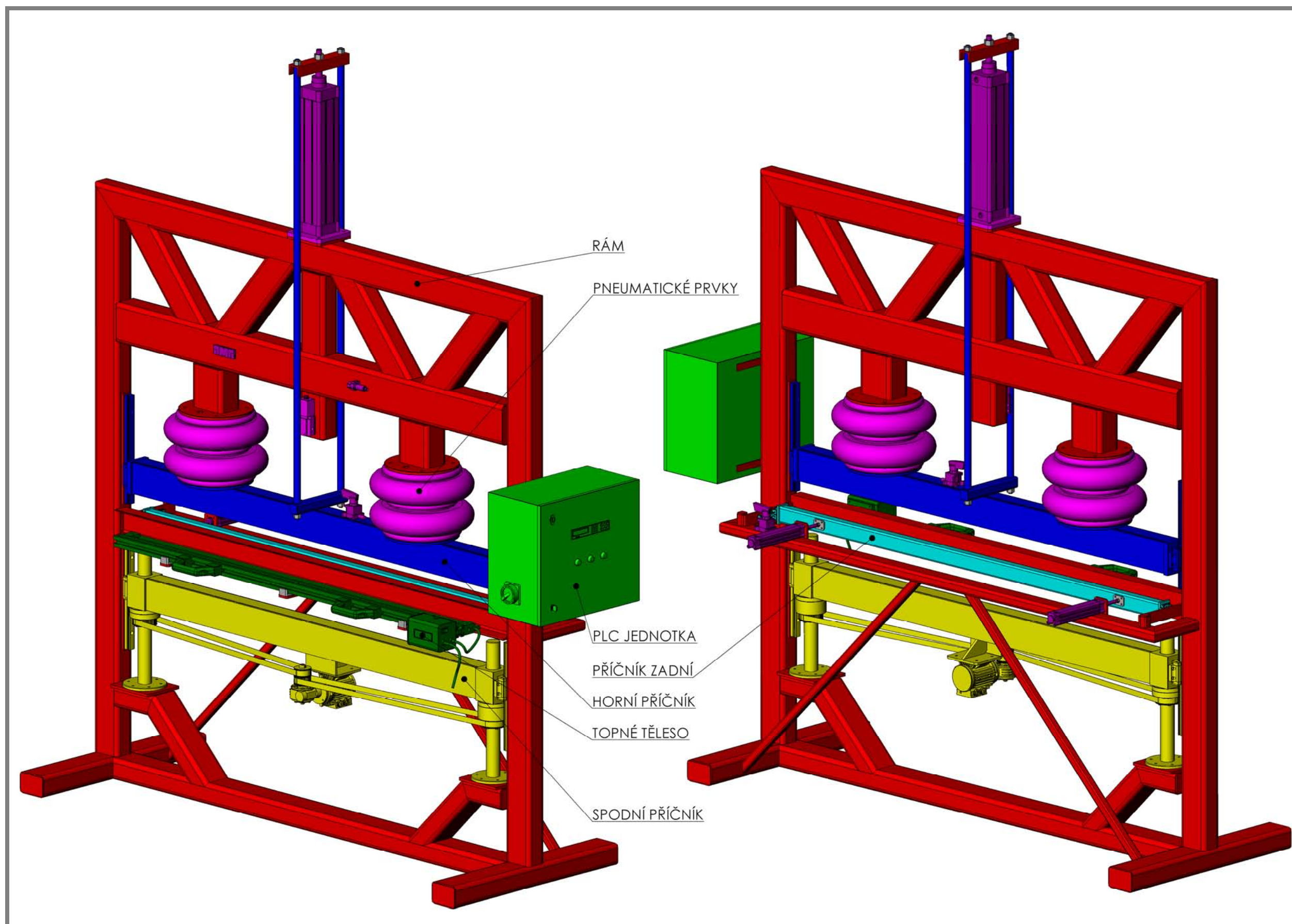
Šířka drážky	max. tloušťka stěny
1,5 mm	8 mm
2 mm	10 mm
3 mm	15 mm
4 mm	20 mm

Drážková perforace se zahloubením

max. tloušťka stěny se zahloubením
10 mm
12 mm
20 mm
25 mm



s = síla stěny, l = délka drážky, b = svislá rozteč drážek, a = vodorovná rozteč drážek



1.0 ☒ The manner of loading, working parameters

1.1 Calculation units

SI Units (N, mm, kW...)

1.2 Transferred power

P 0,12 0,12 [kW]

1.3 Pulley speed (desired)

n 34 24 [/min]

1.4 Pulley speed (actual)

n 34,0 24,0 [/min]

1.5 The desired / actual transmission ratio

i 1,417 1,417

1.6 Torsion moment

Mk 33,71 46,80 [Nm]

1.7 The type of driving machine (loading)

B...Moderate shocks

1.8 The type of driven machine (loading)

C...Light duty

1.9 Daily loading of the transmission

A...Less than 8 hours

1.10 Coefficient of operational loading

c2 1,4 1,4 ☒

1.11 Efficiency of the transmission

eta 98 [%]

2.0 ☒ Automatic design

2.1 Selection of a synchronous belt

8M HTD (SYNCHROFORCE CXP III)

100000
[/min]

Reference Diagram

H (PowerGrip)

8M (PowerGrip GT2)

Your request

H (PowerGrip)

8M (PowerGrip GT2)

8M HTD (SYNCHROFORCE CXP III)

74 - 1294

880,00

Automatic design

Axis distance

2.2 Theoretical min. / max. axis distance

c 74 - 1294

2.3 Axis distance for 'Automatic design'

c 880,00 [mm]

2.4 Automatic design - press the button

2.5 Sort results according to parameter:

2.6 Table of solutions

ID	z1	z2	B	i	di [%]	A	dA	St	m
21	22	32	30,000	1,455	2,674	891,91	11,91	0,694	1,56

strana

1

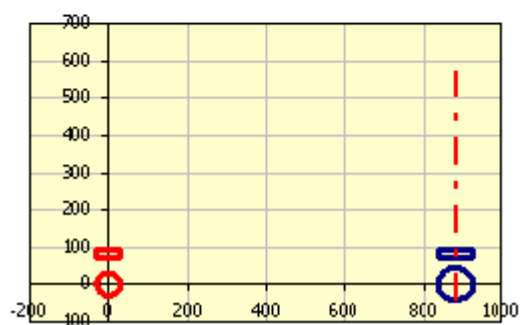
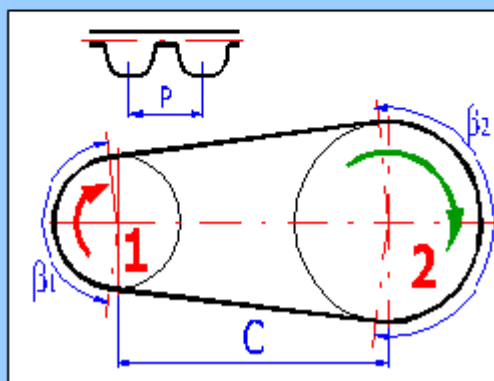
3.0 ☒ Design and calculation

- 3.1 Selected width of the synchronous belt
- 3.2 Number of pulley teeth (pulley diameter) - selection
- 3.3 Number of pulley teeth
- 3.4 Pulley pitch diameter
- 3.5 Recommended axis distance / min-max
- 3.6 Axis distance desired / actual
- 3.7 Number of belt teeth (belt length) - selection
- 3.8 Number of belt teeth / designed
- 3.9 Belt length / pitch
- 3.10 Design power
- 3.11 The power transferred by the belt
- 3.12 Approximate total weight
- 3.13 Coefficient of belt utilization
- 3.14 **Non-standard solution**
- 3.15 Use standardized pulleys
- 3.16 Use standardized lengths of the belt

B	20 / 0,7874		[mm/in]
z	24 (61,12)		[mm]
z	24	34	
Dp	51,115	86,580	[mm]
C'	118,2	81 - 295	[mm]
C	380,00	883,91	[mm]
z	250 (2000)		[mm]
z	250	249	
Lw/P	2000,00	8,000	[mm]
Pd	0,17		[kW]
F'	0,19		[kW]
m	0,99		[kg]
SF	0,90		

Yes

No



4.0 ☒ Results, coefficients**4.1 Coefficients**

4.2 - Service factor

c2 1,40

4.3 - Acceleration factor

c3 0,00

4.4 - Coefficient of belt length

c5 1,20

4.5 - Coefficient of belt width

c6 1,00

4.6 - Teeth in mesh factor

c1 1,00

4.7 - Transmission ratio factor

c7 0,00

4.8 - Angle of belt contact around pulley

 β 178,35 181,65 [°]**4.9 Axis distance adjustability**

4.10 - For tightening of the belt

x 0,80 [mm]

4.11 - For installation of the belt

y 2,80 [mm]

4.12 Force conditions, speed

4.13 - Belt speed / max. for given type

v 0,11 60 [m/s]

4.14 Calculation of working forces (in general)

4.15 - Force in unloaded belt in % of tensile force

31,0 31,00 ☒ [%]

4.16 - Effective pull force

Fu 1103 [N]

4.17 - Initial belt tension

Fo 893 [N]

4.18 - Force in forced belt strand

F1 1445 [N]

4.19 - Force in unloaded belt strand

F2 342 [N]

4.20 - Total radial force on the shaft

Fr 1787 [N]

4.21 Working forces calculation (Gates Rubber Company ®)

4.22 - Total radial force on the shaft

Fr - [N]

4.23 - Initial belt tension

Fo - [N]

4.24 Working forces calculation (ContiTech company ®)

4.25 - Coefficient

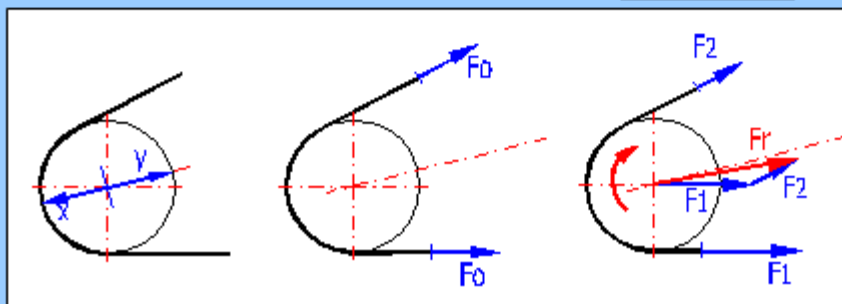
k1 1,25 1,25 ☒

4.26 - Total radial force on the shaft

Fr 1379 [N]

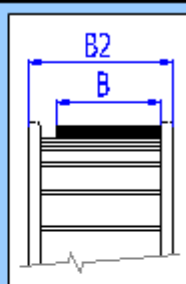
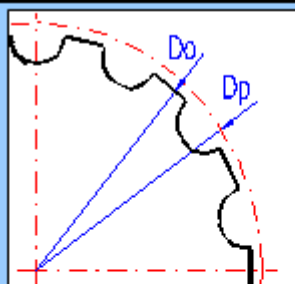
4.27 - Initial belt tension

Fo 689 [N]



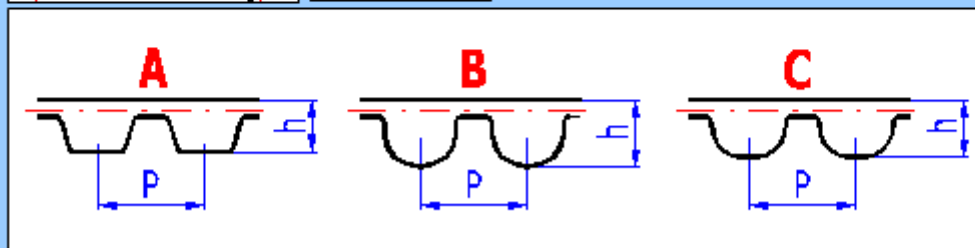
5.0 ☒ Dimensions of the pulley and belt

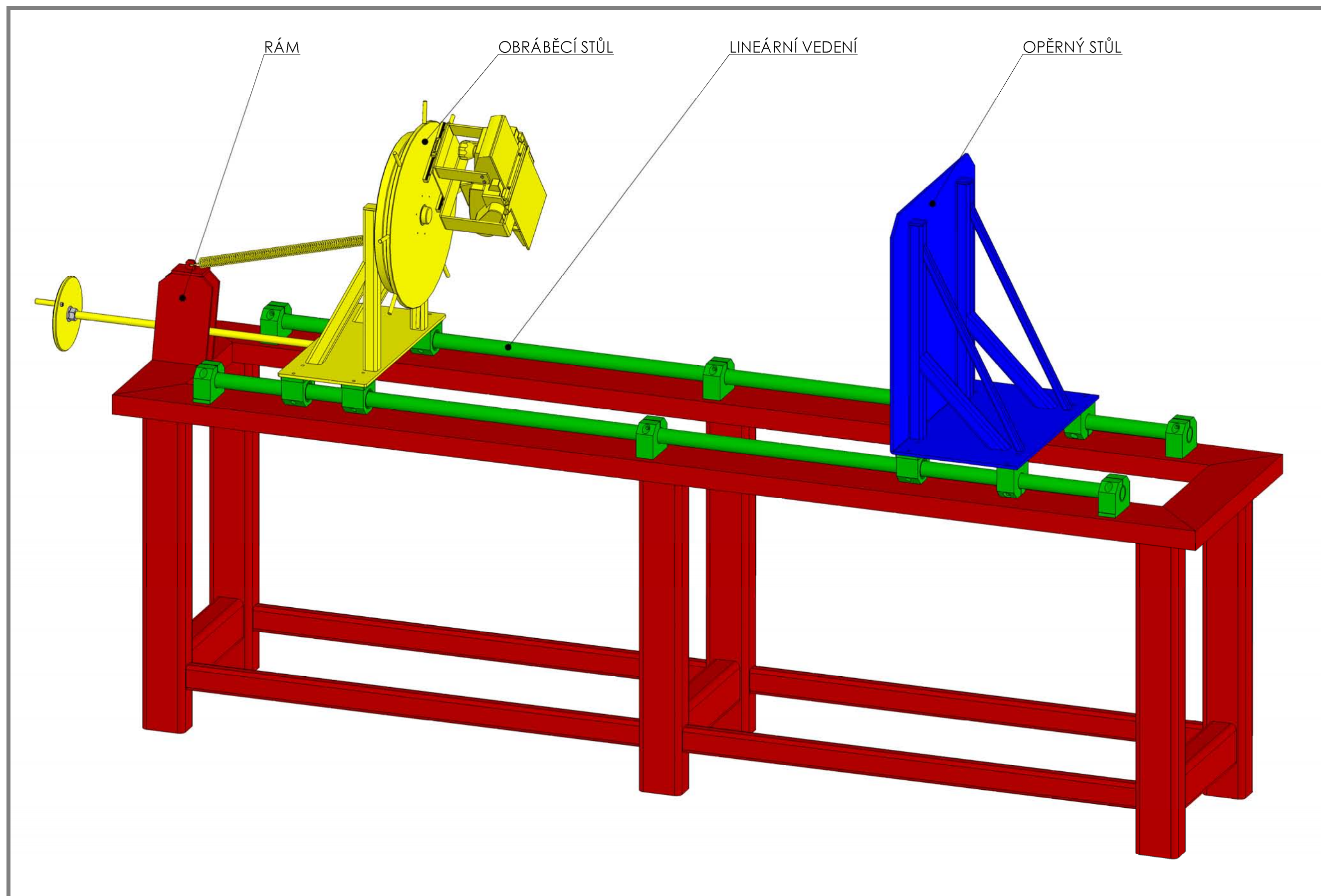
5.1

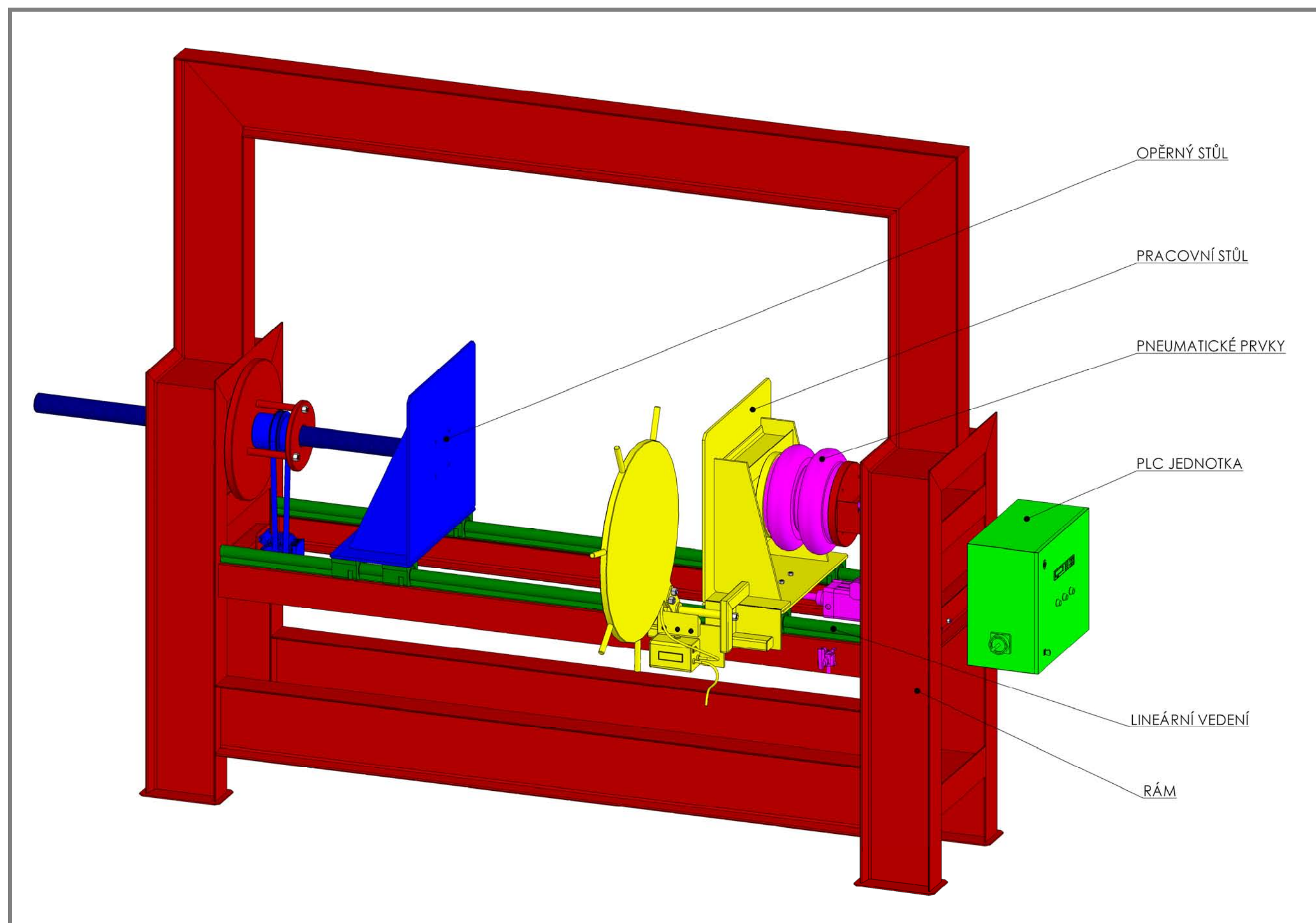


P	8,00		[mm]
h	5,600		[mm]
B	20,00		[mm]
B2	26,00		[mm]
Dp	61,12	86,58	[mm]
Do	59,72	85,18	[mm]

5.2







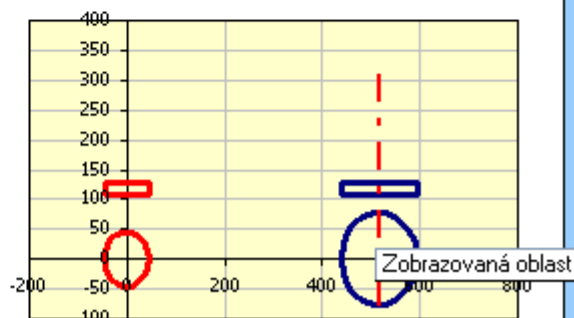
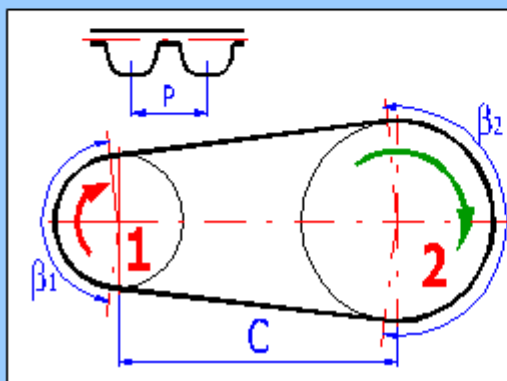
1.0 <input checked="" type="checkbox"/> The manner of loading, working parameters										
1.1 Calculation units	SI Units (N, mm, kW...)									
1.2 Transferred power	P	0,12	0,12 [kW]							
1.3 Pulley speed (desired)	n	34	20 [/min]							
1.4 Pulley speed (actual)	n	34,0	20,1 [/min]							
1.5 The desired / actual transmission ratio	i	1,700	1,694							
1.6 Torsion moment	Mk	33,71	55,97 [Nm]							
1.7 The type of driving machine (loading)	B...Moderate shocks									
1.8 The type of driven machine (loading)	C...Light duty									
1.9 Daily loading of the transmission	A...Less than 8 hours									
1.10 Coefficient of operational loading	c2	1,4	1,4 <input checked="" type="checkbox"/>							
1.11 Efficiency of the transmission	eta	98	[%]							
2.0 <input checked="" type="checkbox"/> Automatic design										
2.1 Selection of a synchronous belt	8M HTD (SYNCHROFORCE CXP III)									
<div> <div> <div>100000</div> <div>10000</div> <div>1000</div> <div>100</div> <div>10</div> </div> <div> <div>0,0</div> <div>0,1</div> <div>1,0</div> <div>10,0</div> <div>100,0</div> <div>1000,0</div> <div>10000,0</div> </div> <div> <div>[/min]</div> <div>[HP]</div> </div> </div> <div> <div>Reference Diagram</div> <div> <div>5M (PowerGrip GT2)</div> <div>14M (PowerGrip GT2)</div> </div> <div> <div>Your request</div> <div>5M (PowerGrip GT2)</div> <div>14M (PowerGrip GT2)</div> <div>8M HTD (SYNCHROFORCE CXP III)</div> </div> </div>										
2.2 Theoretical min. / max. axis distance	c	83 - 1282								
2.3 Axis distance for 'Automatic design'	c	500,00	[mm]							
2.4 Automatic design - press the button	Automatic design									
2.5 Sort results according to parameter:	Axis distance									
2.6 Table of solutions										
2.7	ID	z1	z2	B	i	di [%]	A	dA	SF	m
2.8	51	36	64	20,000	1,778	4,575	510,76	10,76	0,515	1,64

3.0 ☒ Design and calculation

- 3.1 Selected width of the synchronous belt
- 3.2 Number of pulley teeth (pulley diameter) - selection
- 3.3 Number of pulley teeth
- 3.4 Pulley pitch diameter
- 3.5 Recommended axis distance / min-max
- 3.6 Axis distance desired / actual
- 3.7 Number of belt teeth (belt length) - selection
- 3.8 Number of belt teeth / designed
- 3.9 Belt length / pitch
- 3.10 Design power
- 3.11 The power transferred by the belt
- 3.12 Approximate total weight
- 3.13 Coefficient of belt utilization
- 3.14 **Non-standard solution**
- 3.15 Use standardized pulleys
- 3.16 Use standardized lengths of the belt

B	20 / 0,7874		[mm/in]
z	36 (91,67)		[mm]
z	36	61	
Dp	91,673	155,335	[mm]
C'	197,6	136 - 494	[mm]
C	500,00	517,02	[mm]
z	178 (1424)		[mm]
z	178	178	<input checked="" type="checkbox"/>
Lw/P	1424,00	8,000	[mm]
Pd	0,17		[kW]
P'	0,33		[kW]
m	1,56		[kg]
SE	0.51		

No	▼
Yes	▼



4.0 ☒ Results, coefficients4.1 **Coefficients**

- 4.2 - Service factor
 4.3 - Acceleration factor
 4.4 - Coefficient of belt length
 4.5 - Coefficient of belt width
 4.6 - Teeth in mesh factor
 4.7 - Transmission ratio factor
 4.8 - Angle of belt contact around pulley

c2	1,40	
c3	0,00	
c5	1,10	
c6	1,00	
c1	1,00	
c7	0,00	
β	172,94	187,06 [°]

4.9 **Axis distance adjustability**

- 4.10 - For tightening of the belt
 4.11 - For installation of the belt

x	0,80	[mm]
y	1,80	[mm]

4.12 **Force conditions, speed**

- 4.13 - Belt speed / max. for given type

v	0,16	60	[m/s]
---	------	----	-------

4.14 **Calculation of working forces (in general)**

- 4.15 - Force in unloaded belt in % of tensile force
 4.16 - Effective pull force
 4.17 - Initial belt tension
 4.18 - Force in forced belt strand
 4.19 - Force in unloaded belt strand
 4.20 - Total radial force on the shaft

	31,0	31,00 <input checked="" type="checkbox"/>	[%]
Fu	735		[N]
Fo	596		[N]
F1	963		[N]
F2	228		[N]
Fr	1190		[N]

4.21 **Working forces calculation (Gates Rubber Company ®)**

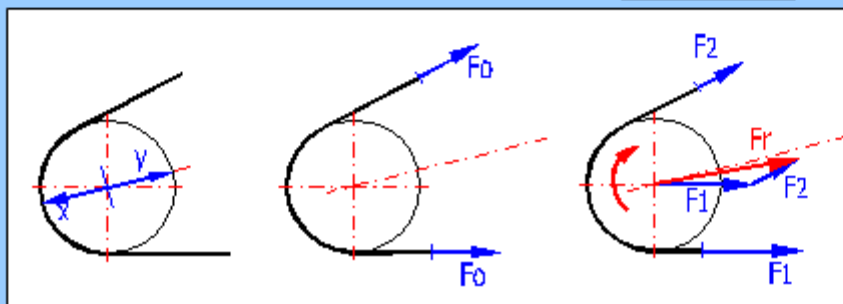
- 4.22 - Total radial force on the shaft
 4.23 - Initial belt tension

Fr	-	[N]
Fo	-	[N]

4.24 **Working forces calculation (ContiTech company ®)**

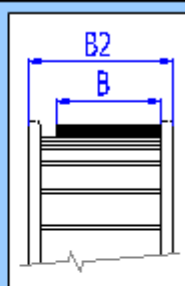
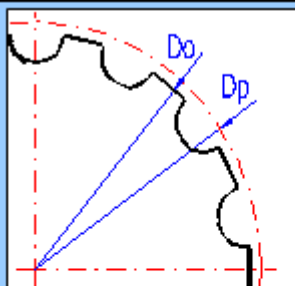
- 4.25 - Coefficient
 4.26 - Total radial force on the shaft
 4.27 - Initial belt tension

k1	1,25	1,25 <input checked="" type="checkbox"/>	
Fr	917		[N]
Fo	460		[N]



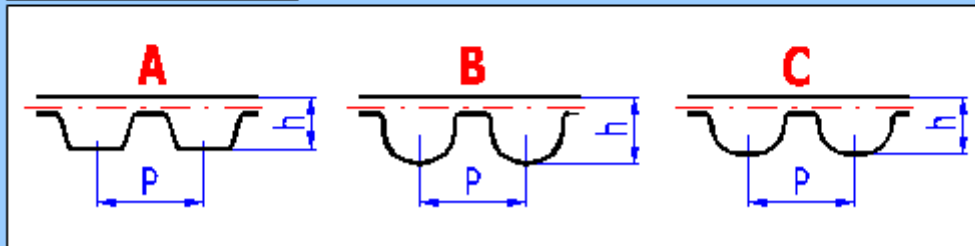
5.0 ☒ Dimensions of the pulley and belt

5.1

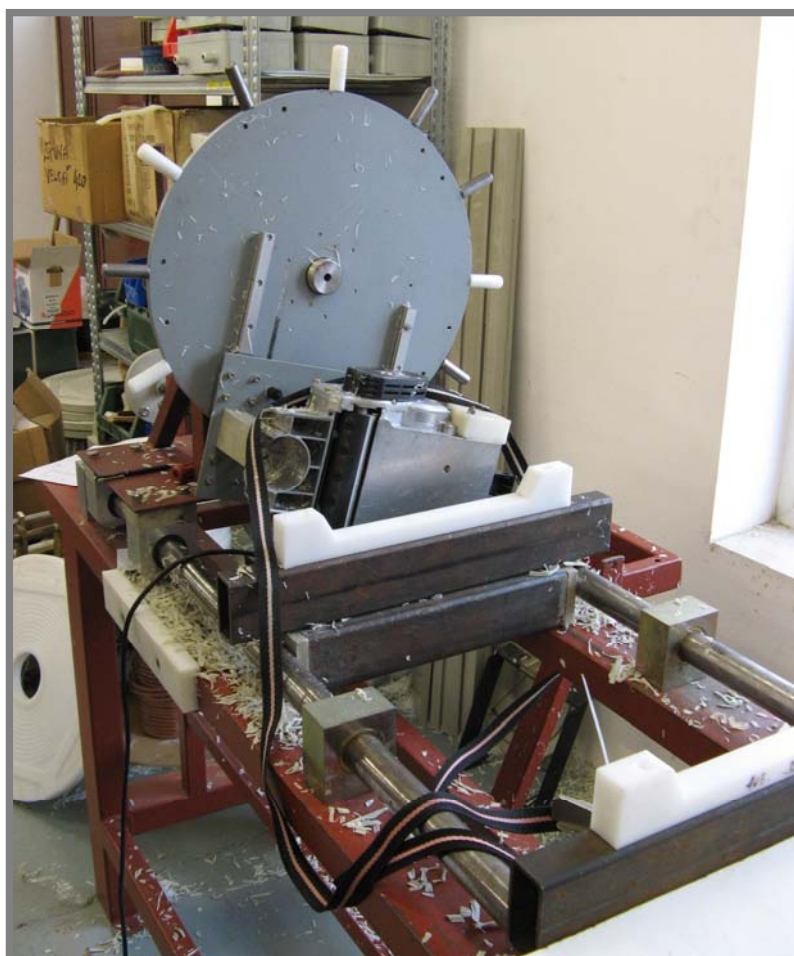
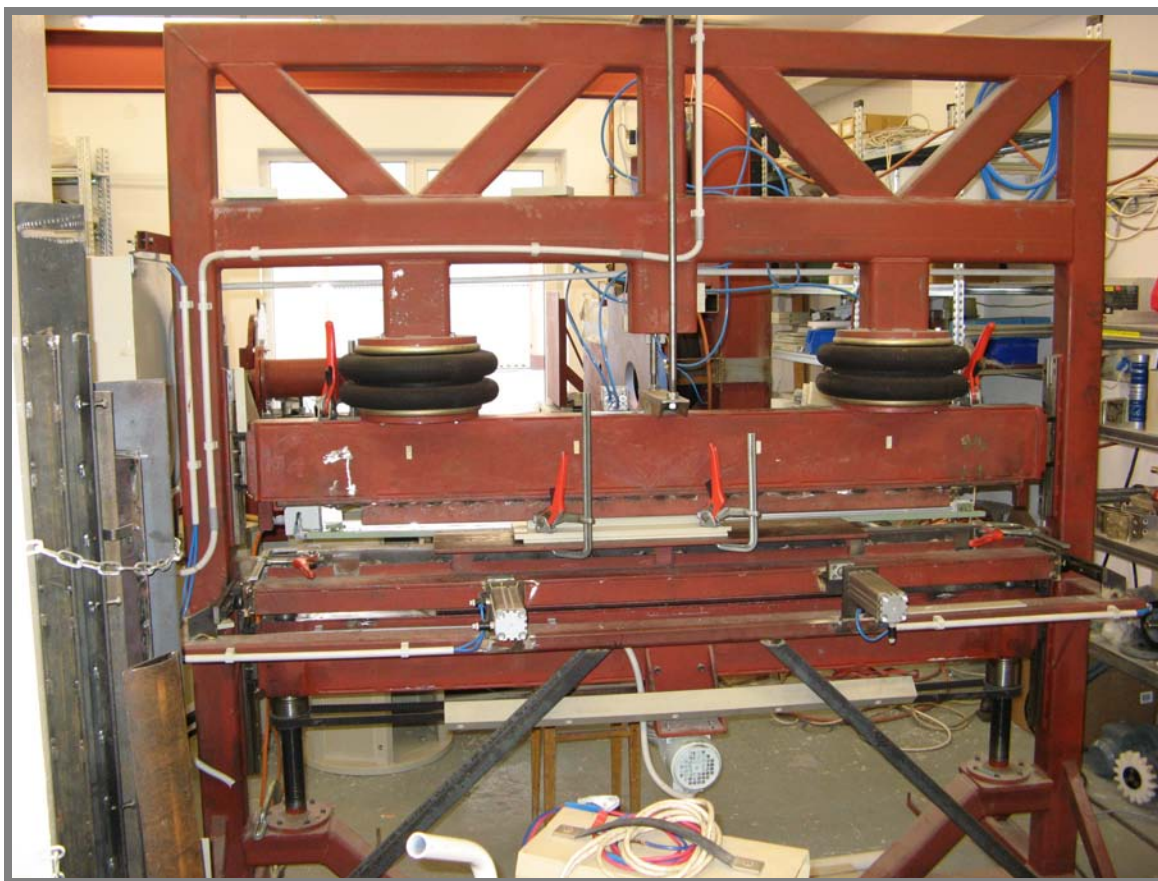


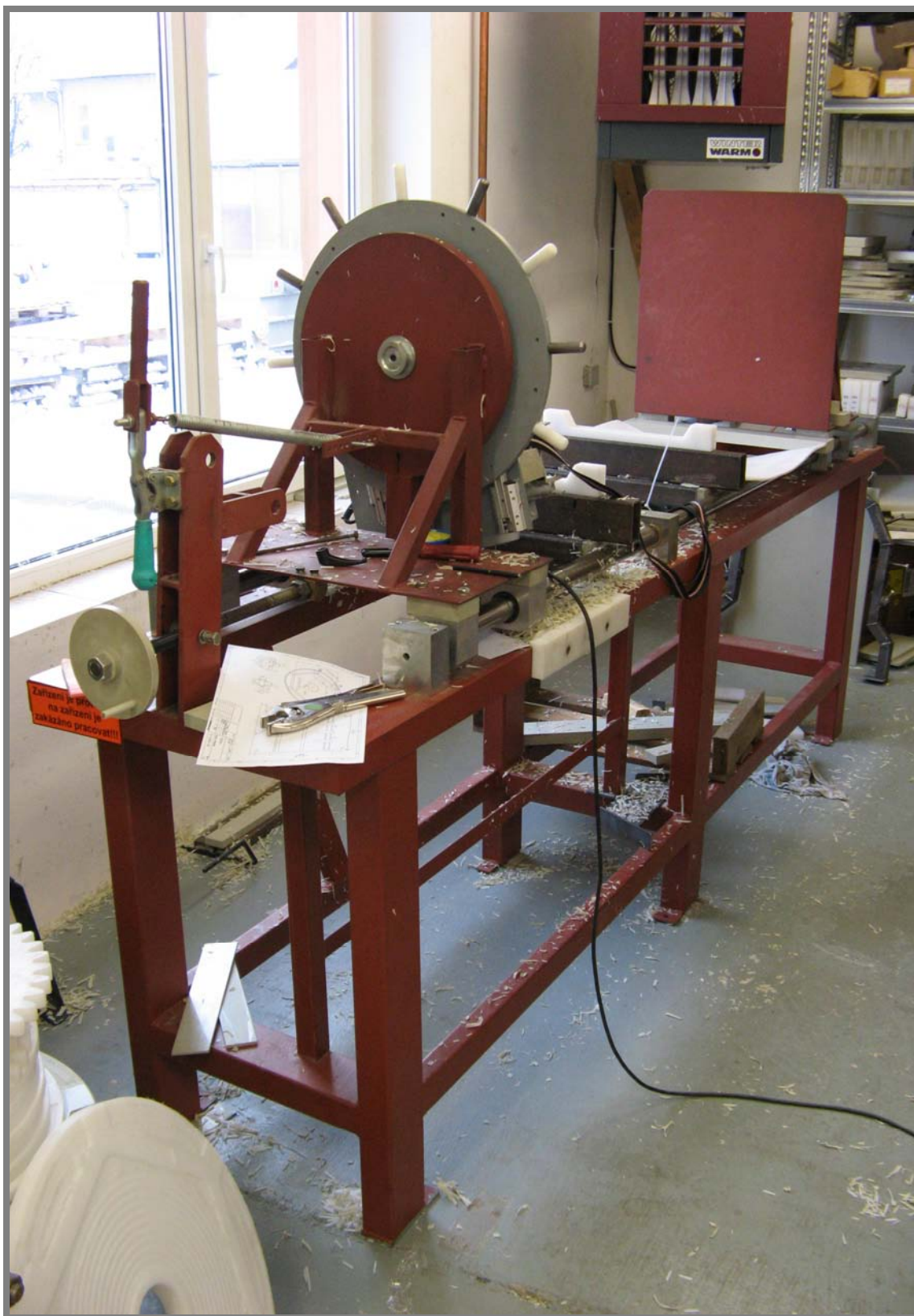
P	8,00		[mm]
h	5,600		[mm]
B	20,00		[mm]
B2	26,00		[mm]
Dp	91,67	155,34	[mm]
Do	90,27	153,94	[mm]

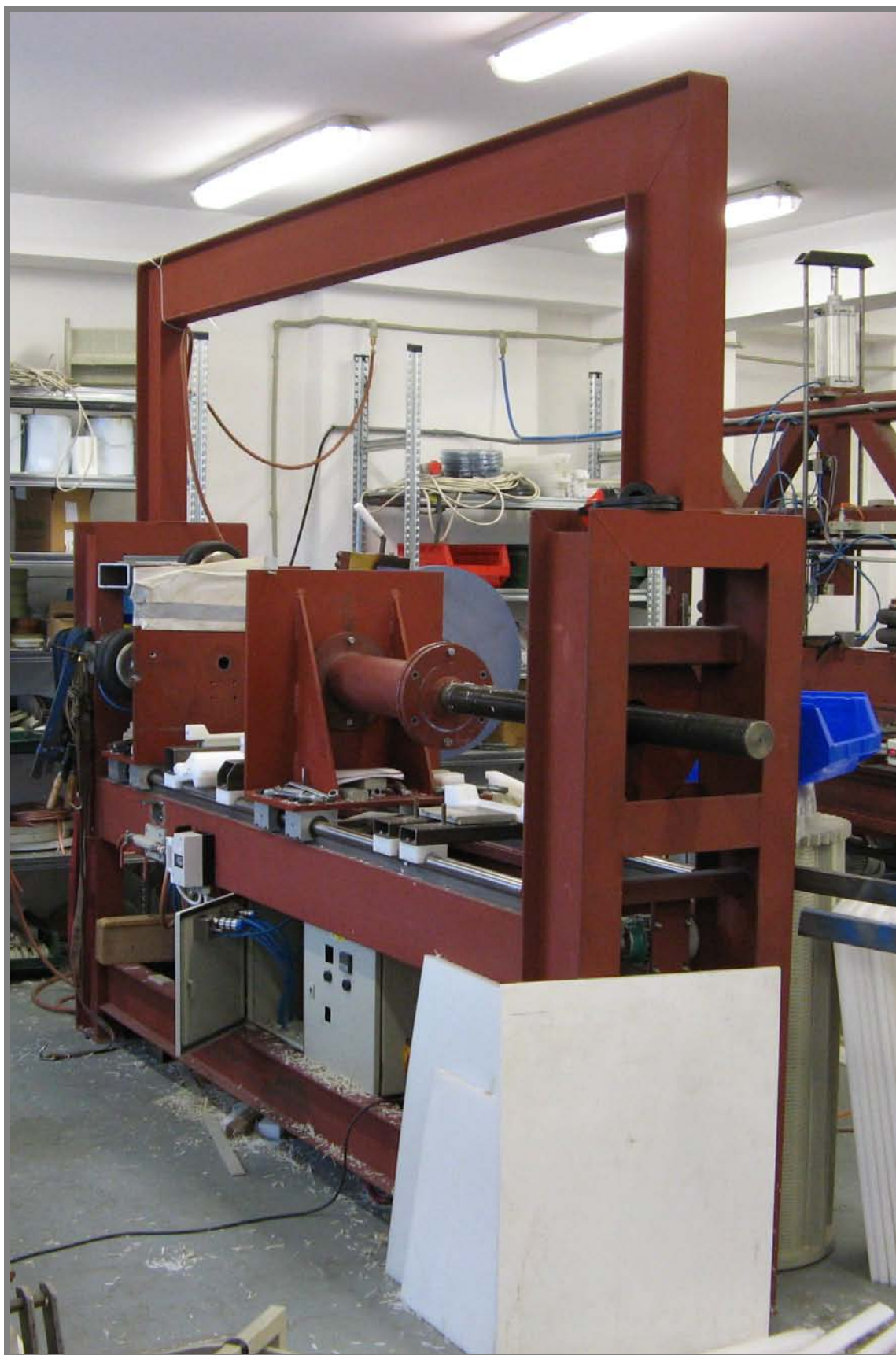
5.2

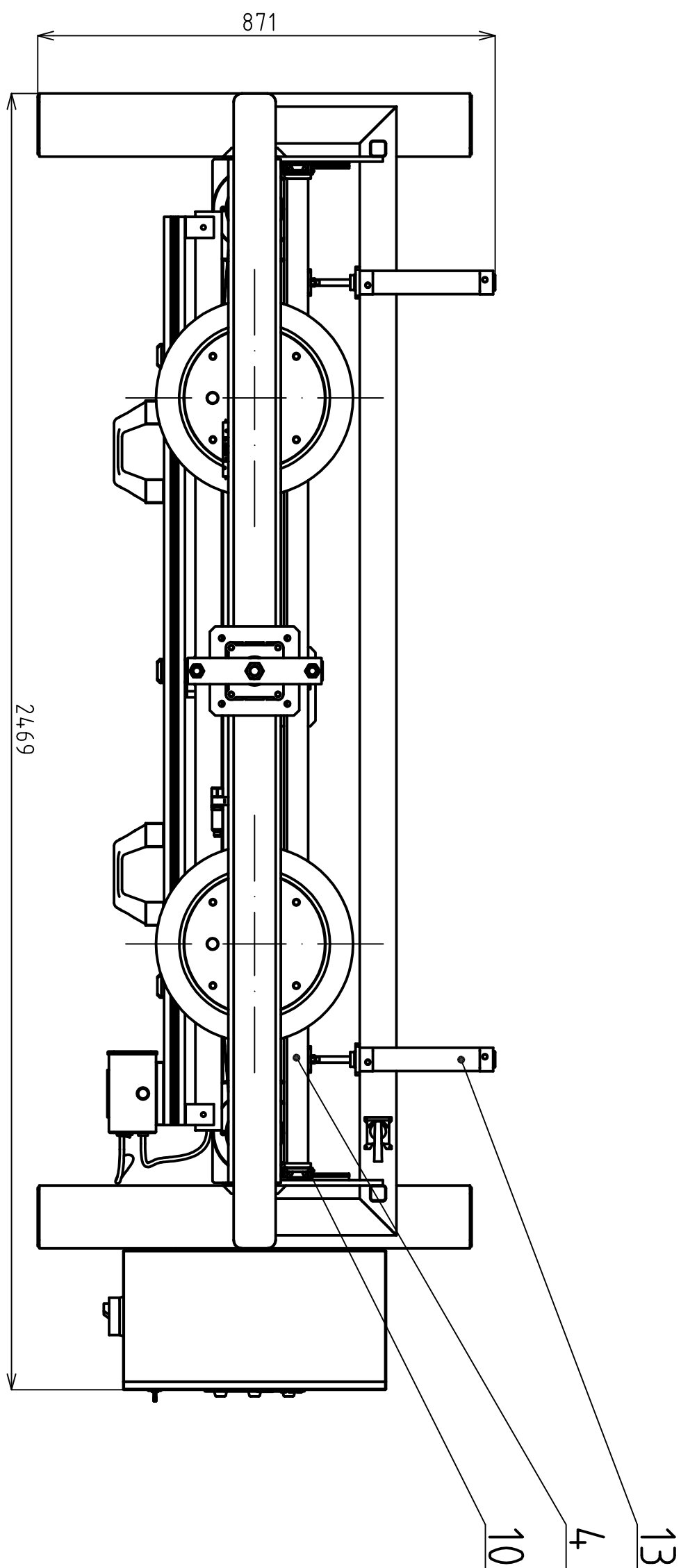
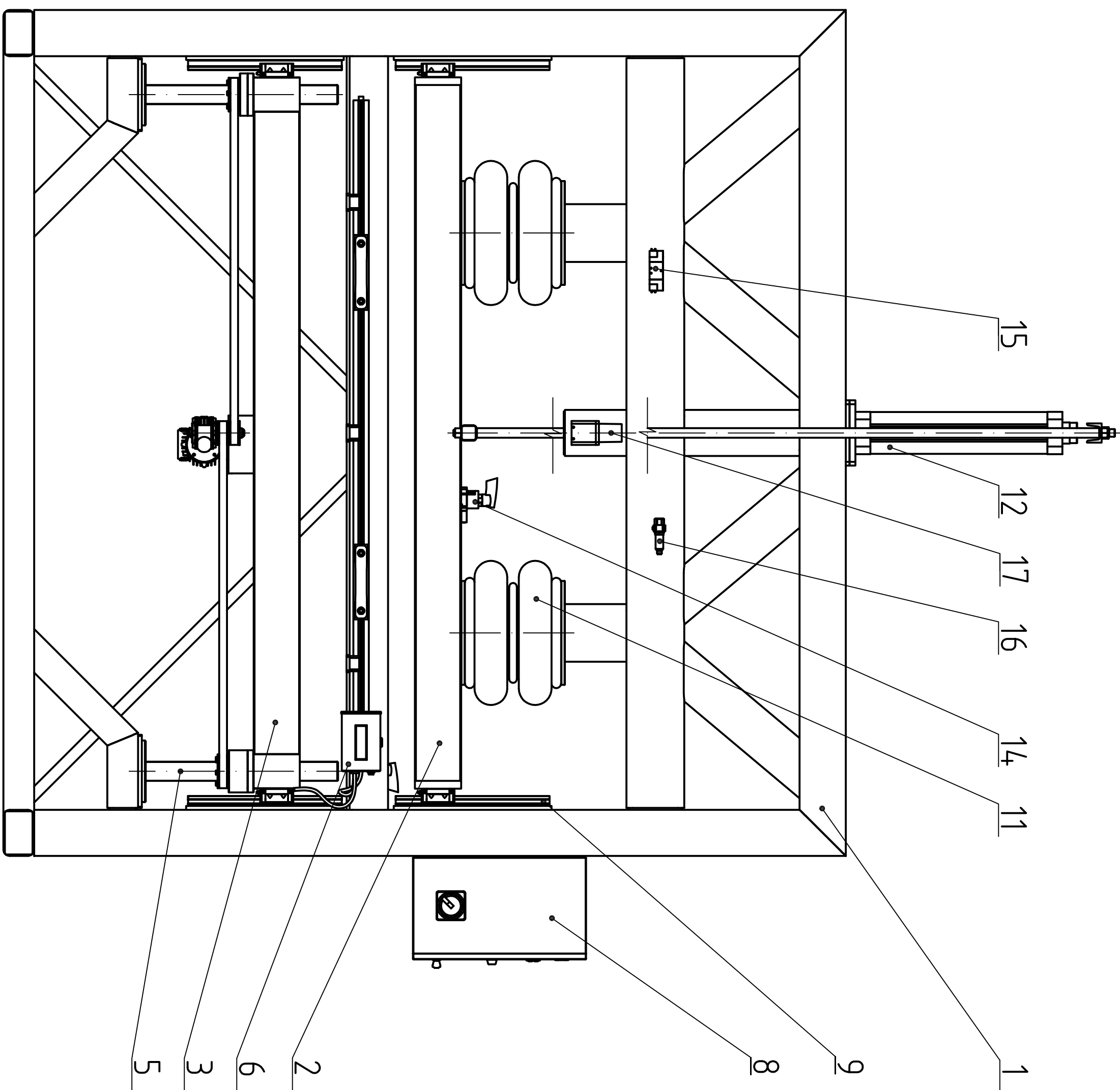
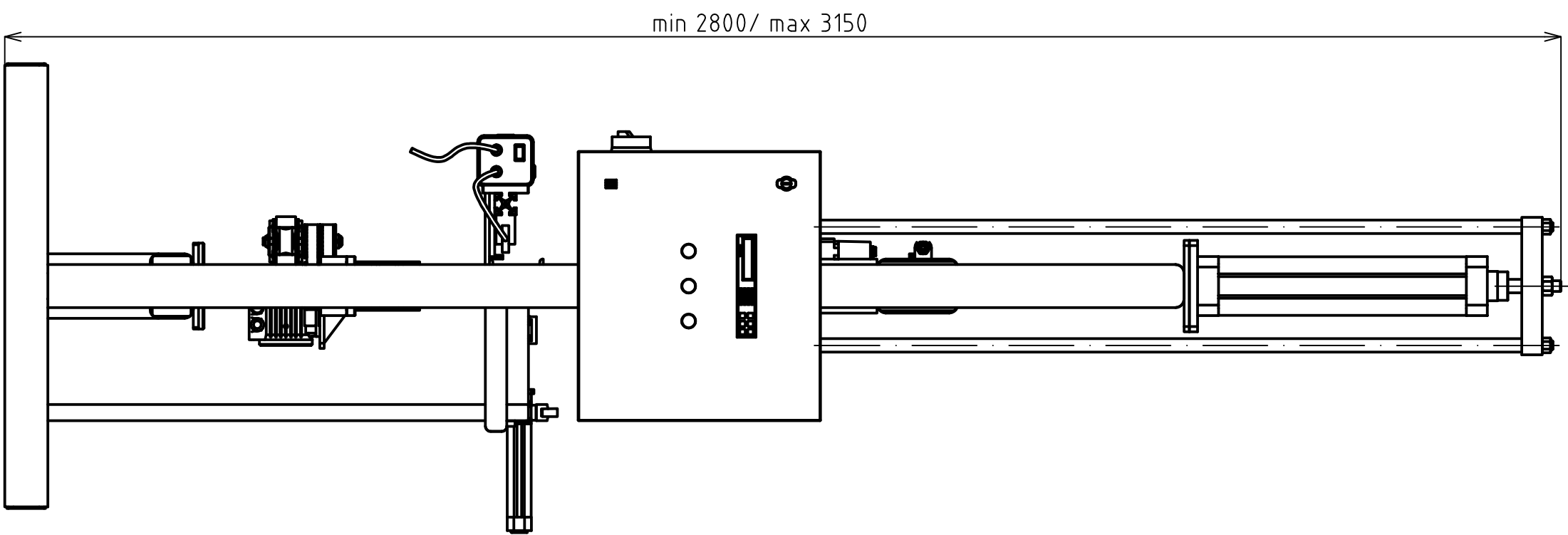




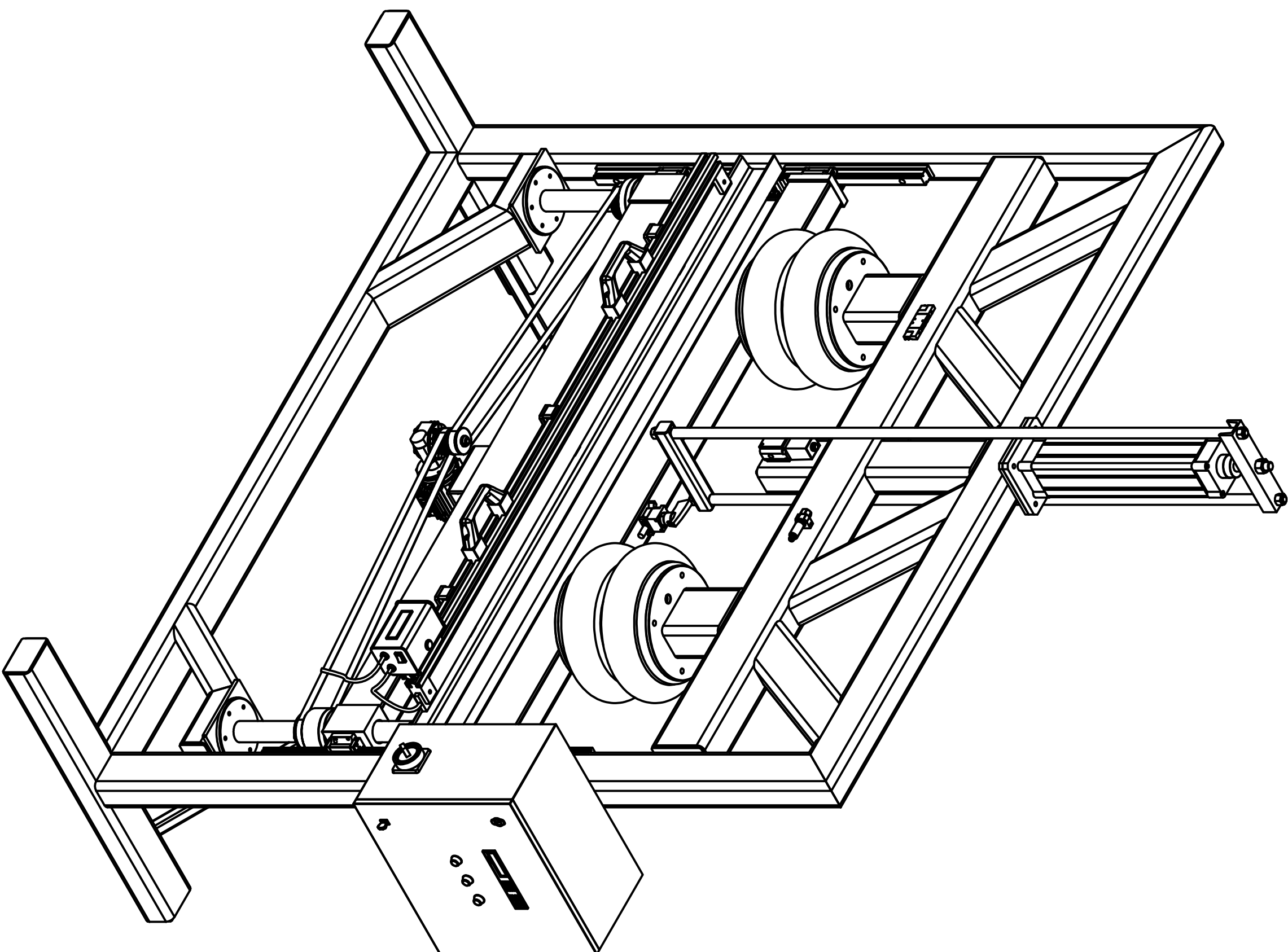





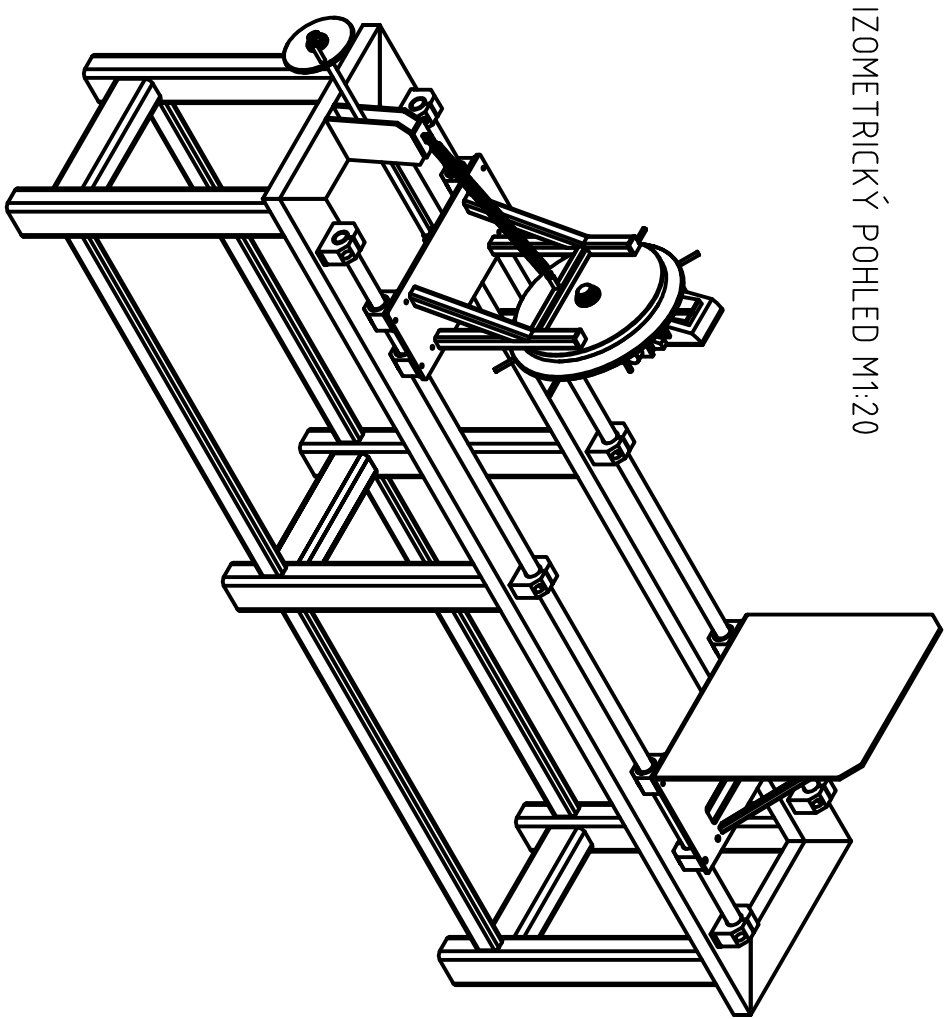
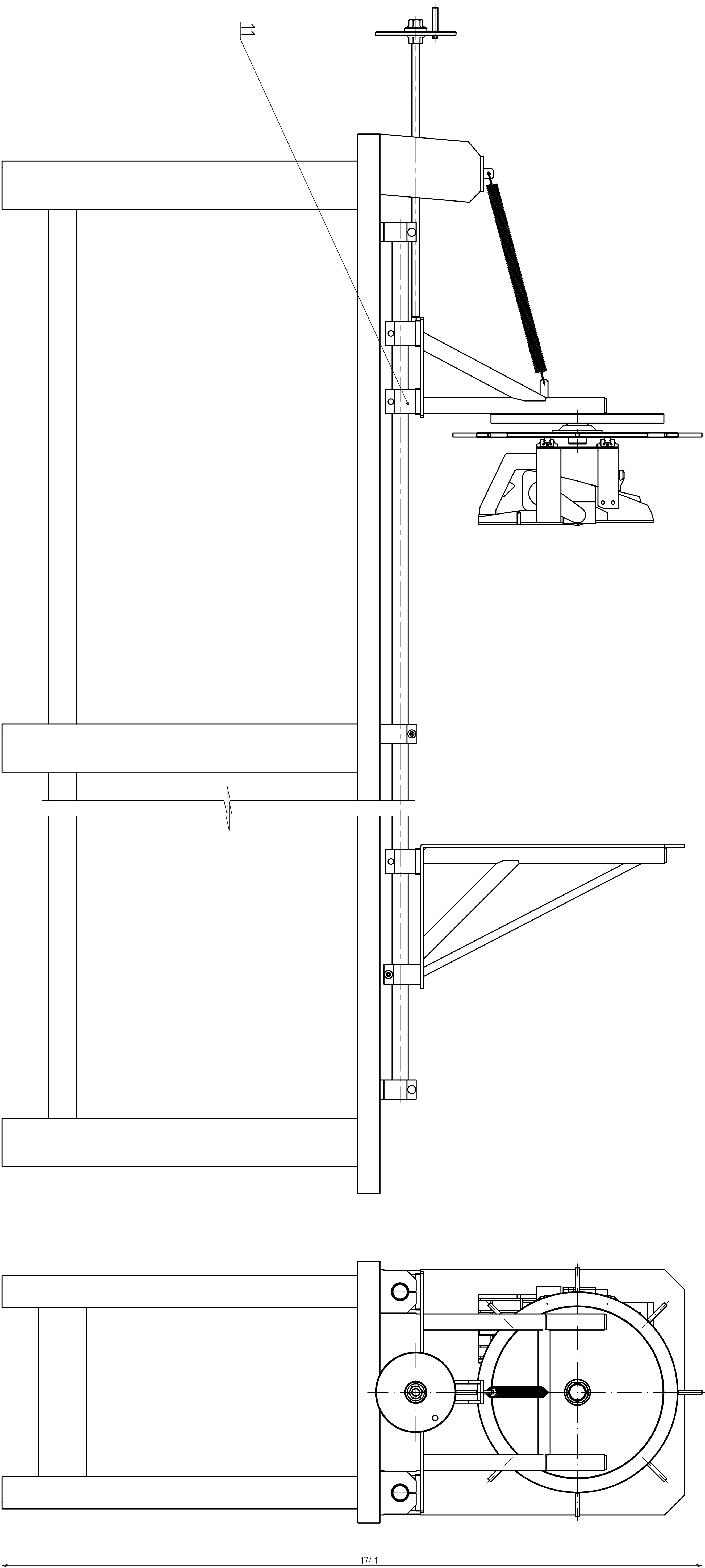






IZOMETRICKÝ POHLED

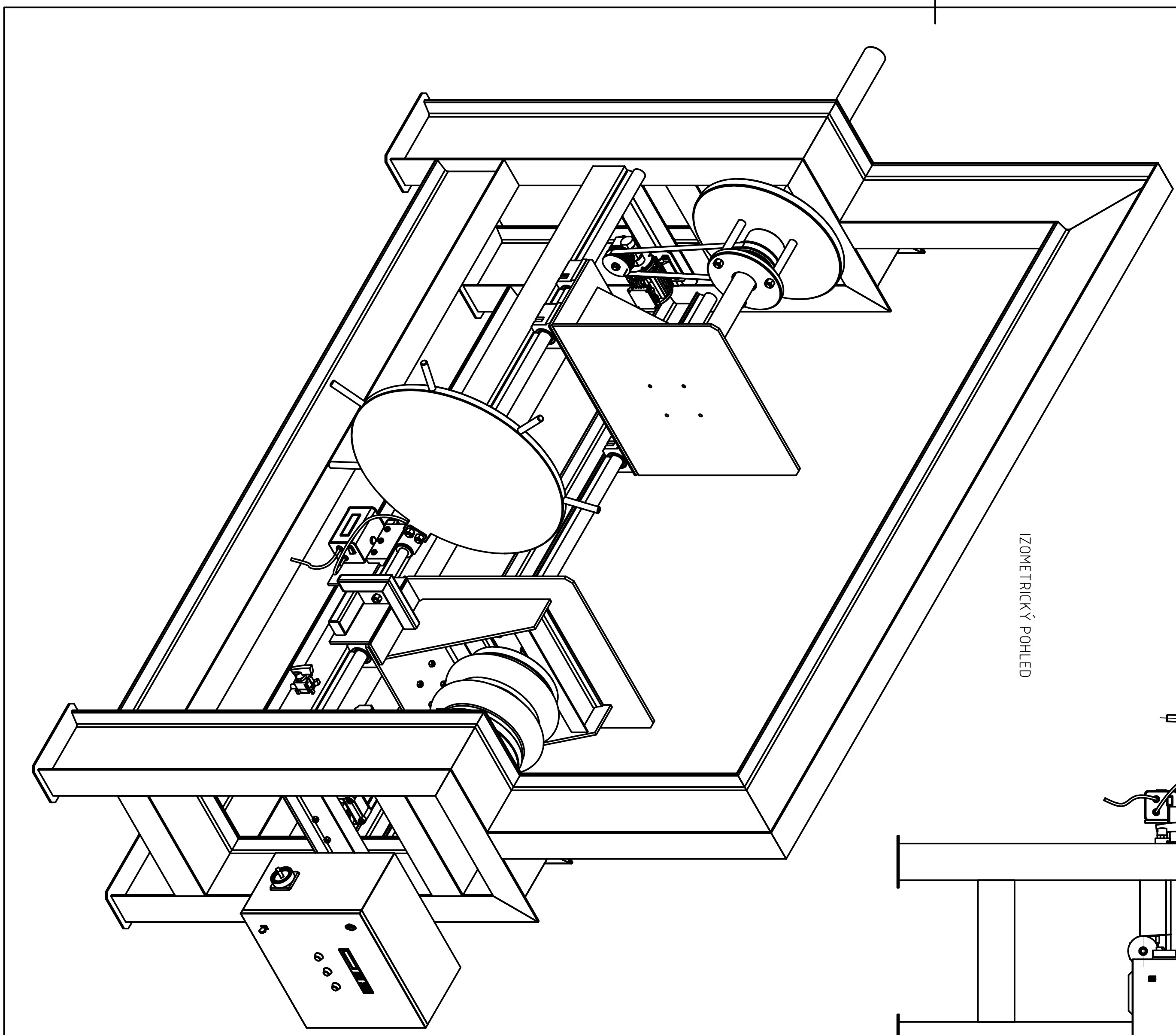
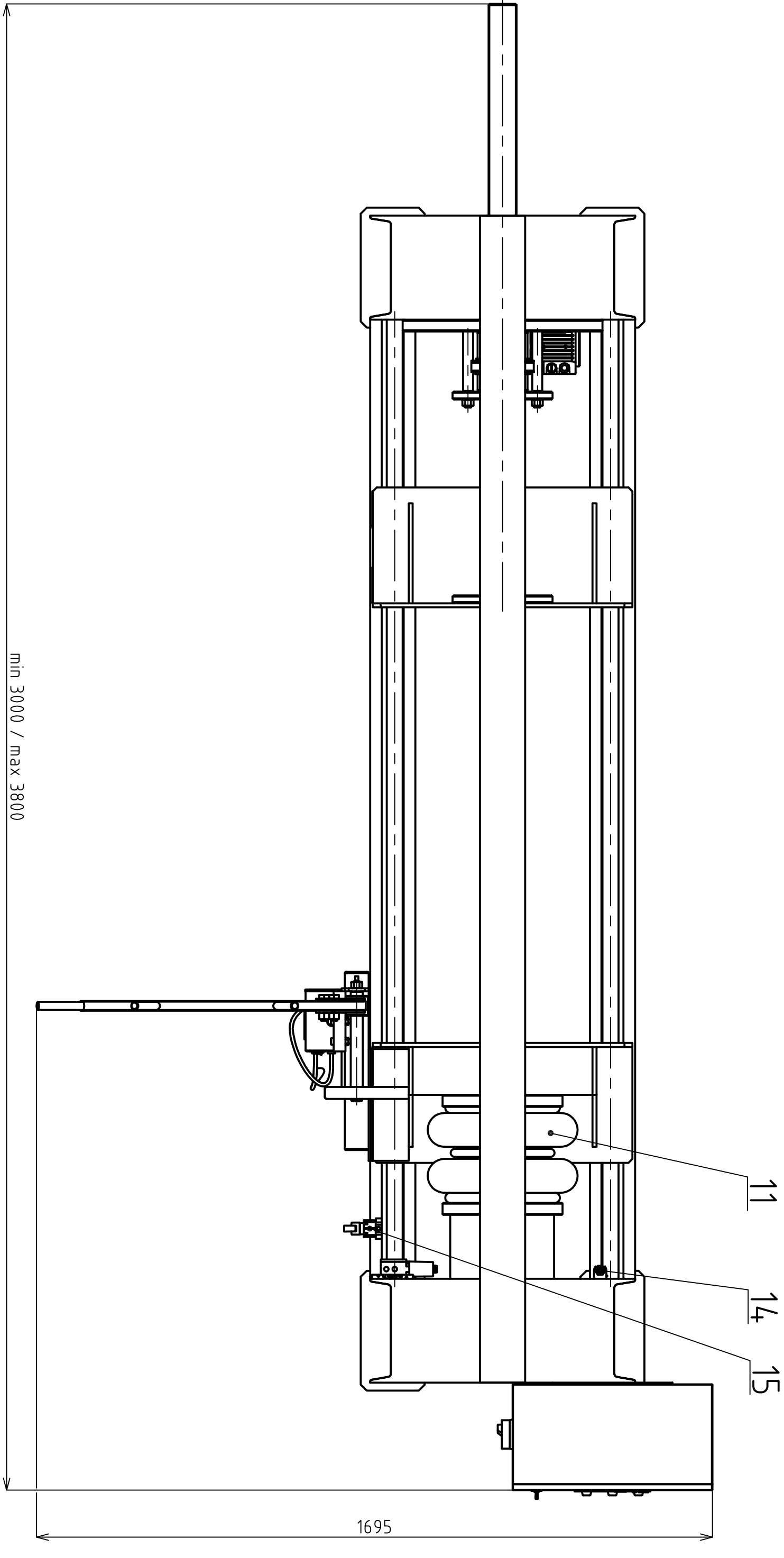
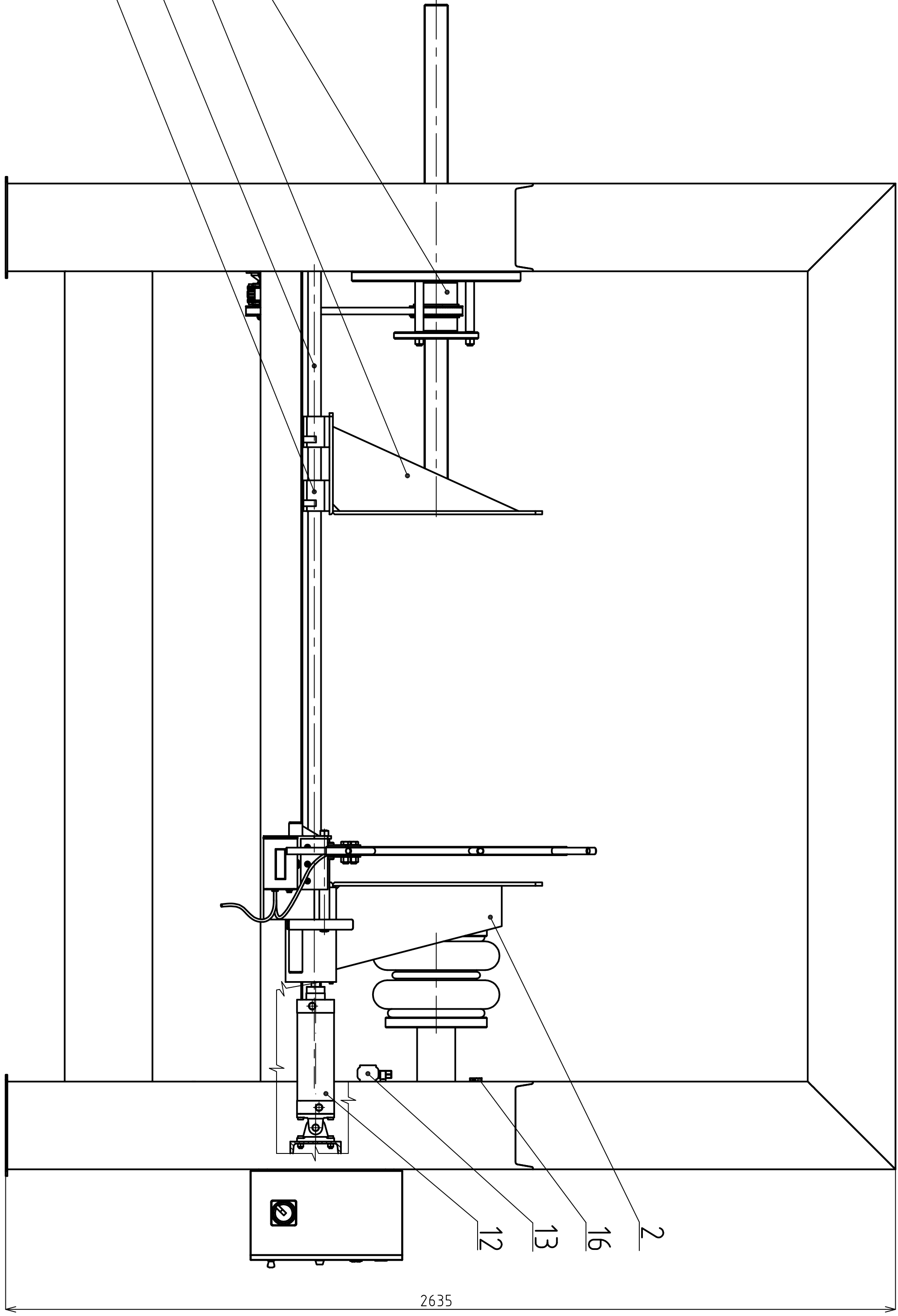
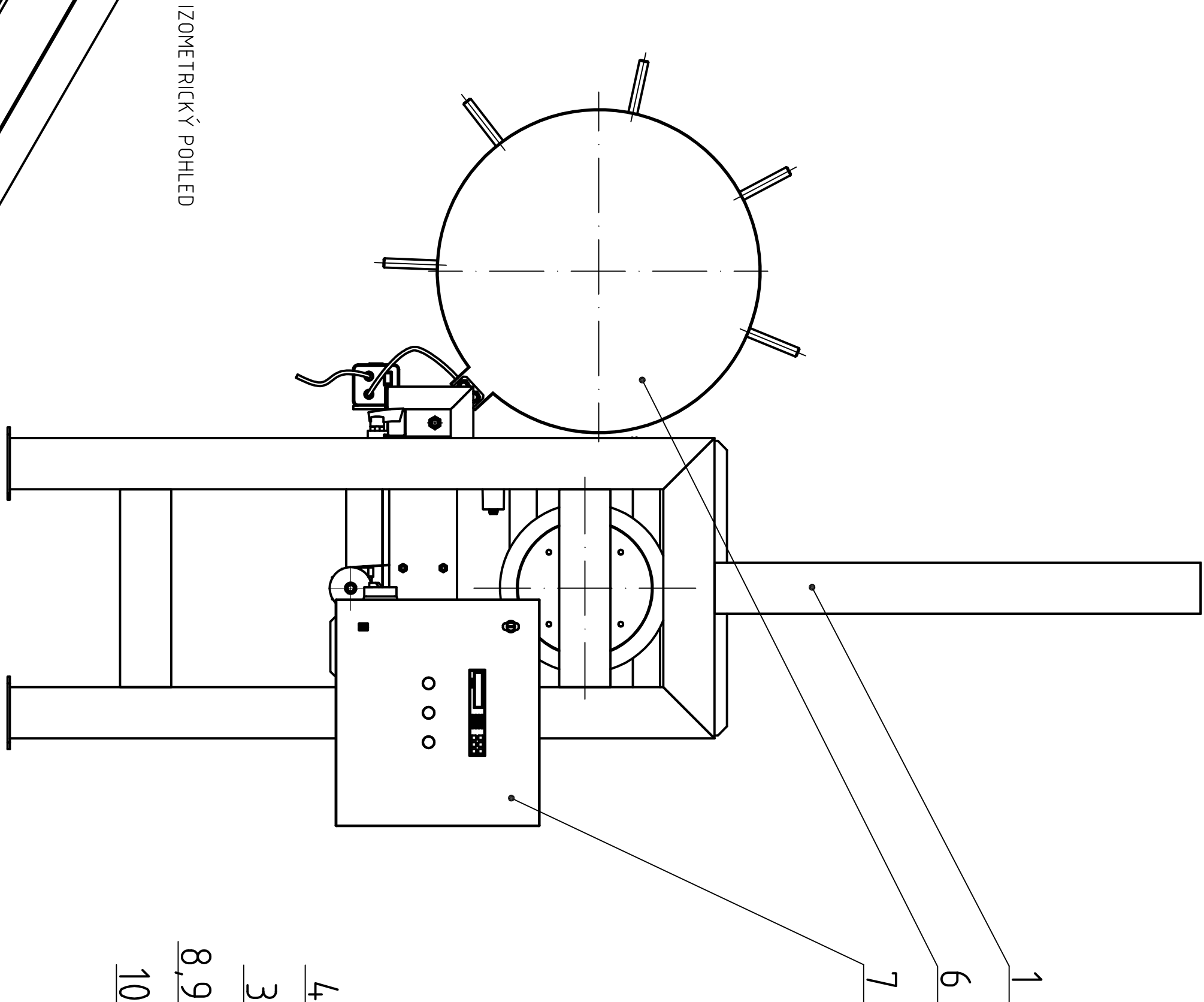


Struktura povrchu		Hrany:		Měřítka	Přesnost	ISO 2768-mH	
				1:10	Tolerování		ISO 8015
					Promítání		
Materiál	Polotovár	Hmotnost		kg	ČERÁNÉ PODLE ISO 16016		
	Druh dokumentu	VÝKRES SEŠTAVY		Název	HPW-1		
	Kreslil	PAVEL HAĐÁMEK					
	Schválil						
ÚSTAV KONSTRUKOVÁNÍ		Datum vydání		22.4.2008		Číslo dokumentu	1-HPW-1-A-0001
						Lstř	/





IZOMETRICKÝ POHLED M1:20

Struktura povrchu:		Hrany:	Měřítko	Přesnost	ISO 2768-mH
				Tolerování	ISO 8015
			1:5	Proměření	
Materiál	Podloží:	Hmotnost	kg	ČRAKĚNO PODLE ISO 6006	
		Druh dokumentu	VÝKRES SESTAVY		
		Kreslil	PAVEL HADÁNEK		
		Schválil			
ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ		Číslo dokumentu	HPW-2		
		Datum vydání	22.4.2008		
			1-HPW-2-A-0001		
			Lstf /		





Struktura povrchu:		Hrany:		Měřítko		Přesnost	
				1:10		ISO 2768-mH	
						Tolerování	
						ISO 8015	
						Proměnlivost	
						ISO 16016	
Materiál		Profilový		Hmotnost		kg	
						CPRÁČKOVÉ POUČE ISO 16016	
Druh dokumentu		VÝKRES SEŠTAVY		Název			
Kreslil		PAVEL HADÁNEK		HPW-3			
Schválil							
ÚSTAV KONSTRUKOVÁNÍ		Datum vydání		22.4.2008		Číslo dokumentu	
						1-HPW-3-A-0001	
						List /	



Číslo polož.	Název - označení	Polotovár	Hmot.	J	Množ.
	Výkres - norma	Materiál			
1	RÁM HPW-1		110		1
	1-HPW-1-A-0100				
2	HORNÍ PŘÍČNÍK		20		1
	2-HPW-1-A-0200				
3	SPODNÍ PŘÍČNÍK		30		1
	2-HPW-1-A-0300				
4	ZADNÍ PŘÍČNÍK		6		1
	3-HPW-1-A-0400				
5	ZÁVITOVÁ TYČ		5		2
	3-HPW-1-A-0500				
6	TOPNÉ TĚLESO		7		1
	2-HPW-1-A-0600				
7					
8	PLC BOX - MPC 302 Z		4		1
9	SNR 30 C 1 QZ KK C0+440L II		1,5		4
10	SNR 25 C 1 QZ KK C0+230L II		1,2		2
11	EB-385-230 - 193791		7,2		2
12	DNC-100-320-PPV-A - 163474		4		1
	ISO 15552				
13	DNC-50-160-PPV-A / 163375		2		2
	ISO 15552				
14	VHER-AH-M04C-G14-LD		0,4		2

Struktura povrchu:		Hrany:	Měřítko	Přesnost	ISO2768-mH
				Tolerování	ISO8015
				Promítání	
Materiál	Polotovár		Hmotnost	kg	CHRÁNĚNO PODLE ISO 16016
 ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ	Druh dokumentu		Název		
	KUSOVNÍK		HPW-1		
	Kreslil				
	PAVEL HAĐÁMEK		Číslo dokumentu		
Schválil		4-HPW-1-L-0001			
Datum vydání					
22.4.2008		List 1/2			

Číslo	Název - označení	Polotovár	Hmot.	J	Množ.
polož.	Výkres - norma	Materiál			
1	RÁM HPW-2		60		1
	1-HPW-2-A-0100				
2	OBRÁBĚCÍ STŮL		25		1
	2-HPW-2-A-0200				
3	OPĚRNÝ STŮL		17		1
	2-HPW-2-A-0300				
4	POSUVOVÁ TYČ		1,9		1
	2-HPW-2-A-0400				
5					
6	MAKITA 1806 B		4		1
7	TAŽNÁ PRUŽINA		0,5		1
	ČSN EN 13906-1				
8	SNR 25 C 1 QZ KK C0+230L II		1,2		2
9	VODÍCÍ TYČ WRB-30		20		2
10	UCHYCENÍ VODÍCÍ TYČE WBA-30		1		8
11	KULIČKOVÉ POUZDRO AG-30-KS		1,5		6

Struktura povrchu:		Hrany:		Měřítka		Přesnost	ISO2768-mH
						Tolerování	ISO8015
						Promítání	
Materiál		Polotovár		Hmotnost kg		CHRÁNĚNO PODLE ISO 16016	
 ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ		Druh dokumentu KUSOVNÍK		Název HPW-2			
		Kreslil PAVEL HAĐÁMEK					
		Schválil		Číslo dokumentu 4-HPW-2-L-0001			
		Datum vydání 22.4.2008					
List 1/1							

Číslo polož.	Název - označení	Polotovár	Hmot.	J	Množ.
	Výkres - norma	Materiál			
1	RÁM HPW-3		130		1
	1-HPW-3-A-0100				
2	PRACOVNÍ STŮL		20		1
	1-HPW-3-A-0200				
3	OPĚRNÝ STŮL		30		1
	2-HPW-3-A-0300				
4	MATICE	Ø 130 - 150 ČSN 42 5510	2,5		1
	3-HPW-3-P-0400	11 373.0			
5	TOPNÉ TĚLESO		15		1
	2-HPW-3-A-0500				
6					
7	PLC BOX - MPC 302 Z		4		1
8	VODÍČÍ TYČ WRB-30		20		2
9	PODPĚRA VODÍČÍ TYČE WUS-30		15		2
10	KULIČKOVÉ POUZDRO AG-OP-30		1,2		8
11	EB-385-230 - 193791		7,2		1
12	DNC-100-250-PPV-A - 163474		4		1
	ISO 15552				
13	MPPE-3-1/4-6-010-B / 161 167		0,3		1
14	SDET-22T-D10-G14-U-M12		0,3		1

Struktura povrchu:		Hrany:	Měřítko	Přesnost	ISO2768-mH
				Tolerování	ISO8015
				Promítání	
Materiál	Polotovár		Hmotnost	kg	CHRÁNĚNO PODLE ISO 16016
 ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ	Druh dokumentu		Název		
	KUSOVNÍK		HPW-3		
	Kreslil				
	PAVEL HAĐÁMEK		Číslo dokumentu		
Schválil					
Datum vydání		4-HPW-3-L-0001			
22.4.2008		List 1/2			

